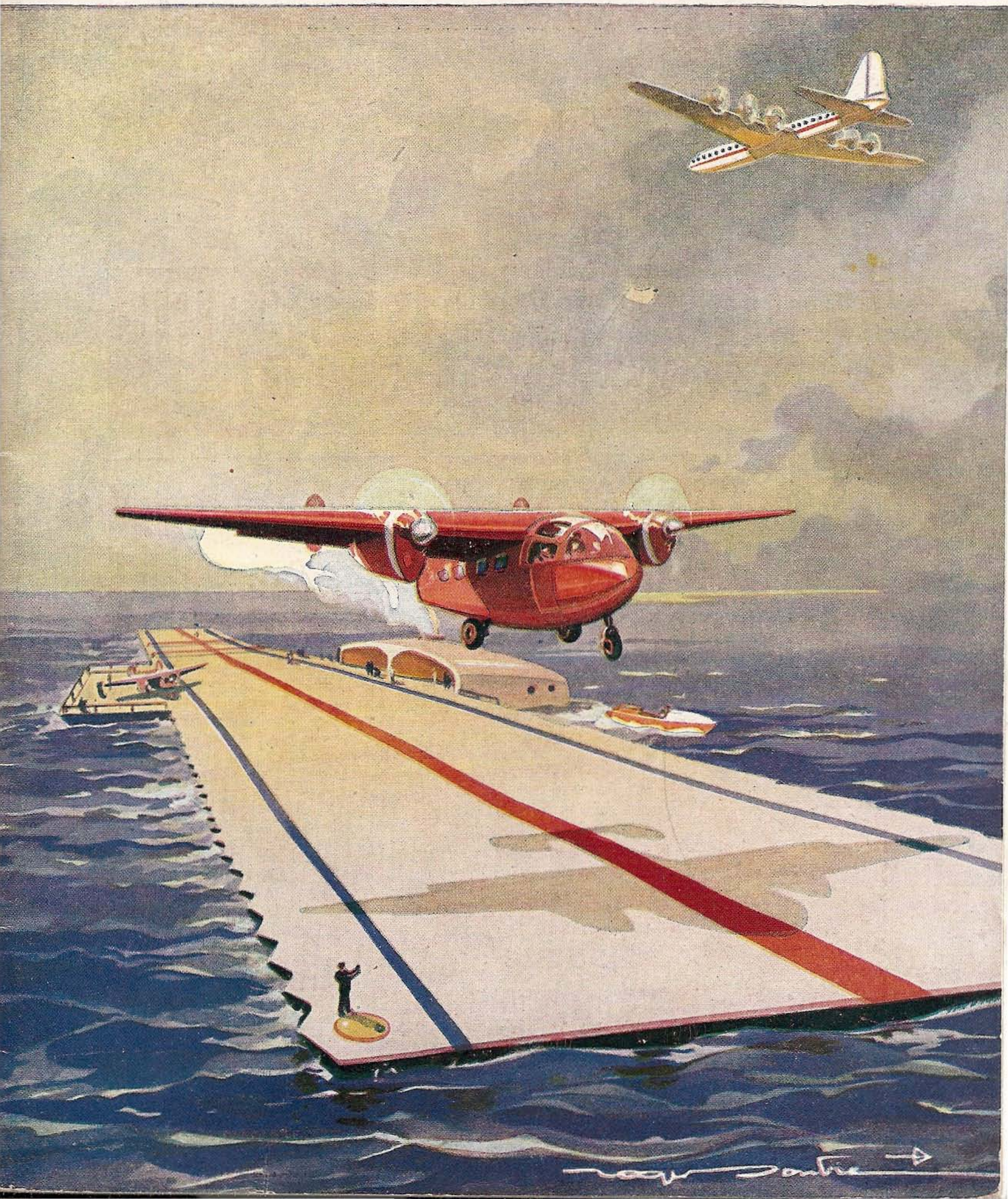
SCIENCE ET VIE

DECEMBRE 1945 N° 339 20 FRANCS



'LE DESSIN FACILE'

enseigne PAR CORRESPONDANCE

tous les genres de dessin

pour les adultes

■ "LE DESSIN FACILE" — Croquis, paysage, portrait, nu académique, perspective, anatomie, caricature, etc... magnifiques planches photographiques inédites accompagnant les leçons.

■ "LA PEINTURE FACILE" — Mélanges et harmonies de couleurs. Technique de l'aquarelle la gouache et la peinture à l'huile avec planches hors-texte en couleurs. *peinture*

pour les enfants "JE DESSINE" Ce petit cours amusant et instructif pour les enfants de 6 à 12 ans donne au petit élève le goût du dessin

■ Charmante carrière pour les femmes et jeunes filles la mode offre des débouchés lucratifs dans la figurine, le catalogue, la création de modèles, etc... *dessin de mode*

dessin d'illustration ■ Cours spécial préparant au métier très attrayant d'illustrateur de livre, revues, journaux, etc..

■ Affiche, catalogue, imprimé, annonces de journaux, tels sont les multiples débouchés offerts au dessinateur publicitaire. *dessin de publicité*

dessin animé ■ Ce cours, le premier du genre en Europe, enseigne à fond le dessin animé de cinéma.

★ **Tous ces cours sont conçus suivant les principes qui ont valu tant de succès à Marc SAUREL, le véritable créateur de l'enseignement du dessin par correspondance qu'il pratique depuis 24 ans. Les témoignages enthousiastes de ses élèves prouvent chaque jour leur efficacité.**

Demandez la brochure de renseignements illustrée en indiquant le genre qui vous intéresse ; envoyez ou recopiez le bon ci-contre. Joindre 6 francs en timbres.

BON SV-69

"LE DESSIN FACILE"
11, RUE KEPPLER - PARIS-16e

SS7

LE DESSIN INDUSTRIEL

MÉTIER D'AVENIR

Chez vous, à temps perdu, apprenez par correspondance le DESSIN INDUSTRIEL par les célèbres méthodes de l'Ecole du "Dessin Facile". Outre les principes du dessin industriel l'enseignement comporte les applications à la mécanique, architecture, topographie, chemin de fer, électricité, aviation, etc... Aucune connaissance scientifique n'est exigée, aucun talent n'est nécessaire pour tirer un profit complet du Cours de Dessin Industriel. Il ouvre l'accès aux bureaux d'étude de toutes les industries et permet d'obtenir des situations très intéressantes et bien payées.

Demandez la Notice-programme SV 69 (Section dessin industriel) 11 rue Keppler, Paris-16e (Joindre 6 frs en timbres)

Plus que jamais

RENAULT
RÉGIE NATIONALE

l'Automobile de France

PARLER ANGLAIS

Une nécessité primordiale dans la lutte pour l'existence. La première condition à remplir si vous voulez gagner largement votre vie.

CE QU'ÉCRIT L'AUTEUR DE 'LA GUERRE DES MONDES'

« Vous avez rendu possible, avec une dépense d'énergie assez réduite et sans professeur, à un élève attentif de comprendre une langue étrangère lorsqu'on la parle et de la parler compréhensiblement.

» Rien de semblable n'a jamais été possible auparavant. »

H.-G. WELLS.
23 août 1926

Hier, vous avez pu croire que quelques notions superficielles pouvaient suffire pour lire une lettre, déchiffrer un article de journal, comprendre le sens général d'un avis ou d'une annonce. Aujourd'hui, VOUS DEVEZ PARLER ANGLAIS. C'est une nécessité.

La manière la plus rapide et la plus sûre de parler anglais couramment consiste, on le sait, à séjourner dans un pays de langue anglaise. Mille difficultés matérielles s'opposent, en ce moment, à sa mise en pratique par la grande majorité de ceux qui en éprouvent le besoin. Dans ce cas, la méthode LINGUAPHONE s'impose. C'est la seule qui trouve sa place dans les existences les plus remplies. A l'aide de disques et de livres, par le son, par l'image et par le texte, chez vous, à toute heure du jour ou de la nuit, isolément en famille, en groupe, avec un professeur à la prononciation impeccable, toujours prêt à répéter infatigablement chaque leçon, il vous sera facile de vous débrouiller en anglais en quelques semaines et de parler couramment en quelques mois.

VENEZ
demander une première leçon gratuite
ou
TÉLÉPHONEZ
Élysées 30-74
ou
ÉCRIVEZ
pour recevoir la brochure de renseignements
Service C. B. 12

DÉMONSTRATION TOUS LES JOURS
ESSAI GRATUIT SUR DEMANDE

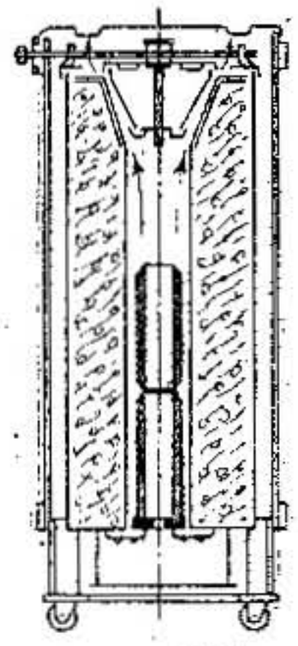
Si vous habitez Paris, venez de 9 heures à midi ou de 14 h. à 18 h. (sauf le samedi après-midi) demander une démonstration, véritable première leçon gratuite. Vous pourrez emporter votre cours d'anglais soit à titre définitif, soit, si vous le désirez, à l'essai pour huit jours, sans aucun frais.

LINGUAPHONE
INSTITUT DE LANGUES
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris (8e)

LE RADIATEUR ÉLECTRIQUE A ACCUMULATION

C'est le radiateur de l'avenir parce qu'il est **économique,** ne brûlant que du courant de nuit — dont le prix est le 1/3 du tarif normal — parce qu'il est **efficace,** ses masses accumulatrices constituant un volant thermique incomparable.

AVANTAGES DES RADIATEURS NORDIA



- ★ Formés d'éléments indépendants pouvant être juxtaposés ou répartis en nombre voulu.
- ★ Peu encombrants, maniables et livrés tout montés, prêts à fonctionner.
- ★ L'obturation parfaite par cône **supprime toutes pertes** pendant **la charge.**
- ★ Le calorifugeage à double paroi assure un débit régulier de chaleur pendant la décharge.
- ★ La résistance placée dans une cheminée centrale est accessible, et peut être revisée ou remplacée, en quelques minutes.

Dimensions de l'élément : 84 × 35 × 35 %
Puissance de l'élément : 1000 - 1500 - 1800 watts.
Documentation et prix sur demande
Nos fabrications sont garanties.

NORDIA
4, CITÉ GRISET. PARIS

CH LEMONNIER 80

La Main qui Peut Écrire Peut Aussi Dessiner

La méthode A. B. C. forme d'habiles croquistes...

Car l'écriture, c'est déjà du dessin et, par la curieuse méthode créée par l'École A.B.C., on se sert justement de l'habileté graphique que vous avez acquise en apprenant à écrire pour vous enseigner le dessin.

Dès la première leçon, cette méthode permet aux élèves de réaliser des croquis rapides d'après nature, vivants et expressifs, et, peu à peu, guidés par leurs professeurs individuels, de prendre conscience de leurs capacités, d'aborder des études plus poussées et d'acquérir les techniques de véritables professionnels.

En dehors de l'enseignement général du dessin, l'École A. B. C. permet à chaque élève, selon son goût et selon le but qu'il poursuit, de se spécialiser dans l'illustration, le dessin humoristique, la décoration, la mode, le paysage, le dessin de publicité, etc., etc..., et ceci sans aucun supplément de prix.

C'est donc à vous que nous nous adressons en vous disant : « Quels que soient votre âge, votre situation, votre résidence et même si vous n'avez jamais tenu un crayon, vous pouvez apprendre très rapidement à dessiner grâce à la Méthode A. B. C., et c'est dans les deux premières heures de vos études que vous apprendrez comment on dessine. »

...et fait aussi de ses élèves de véritables professionnels.

Un album luxueusement édité, contenant de nombreux croquis et dessins faits par les élèves montre le résultat qu'ils obtiennent, donne le programme et tous les renseignements désirés sur le fonctionnement des cours et les conditions d'inscription.

Demandez cet album offert gracieusement. (Veuillez joindre 6 fr. en timbres-poste pour frais d'envoi.)

BON pour une brochure C. B. 38.

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS-8e

Les cours par correspondance DE L'ÉCOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DÉPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

L'École Universelle vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

BROCHURE L. 89.480. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Bourses, Brevets, etc.

BROCHURE L. 89.481. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.

BROCHURE L. 89.482. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.

BROCHURE L. 89.483. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.

BROCHURE L. 89.484. — POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE : Administrations financières, P. T. T., Police, Ponts et Chaussées, Génie rural, etc...

BROCHURE L. 89.485. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS, Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 89.486. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural.

BROCHURE L. 89.487. — COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSE, etc... Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.

BROCHURE L. 89.488. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.

BROCHURE L. 89.489. — LANGUES VIVANTES, TOURISME, Interprète, etc...

BROCHURE L. 89.490. — CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE et CIVILE.

BROCHURE L. 89.491. — CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.

BROCHURE L. 89.492. — CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE (Pont, Machines, Commissariat).

BROCHURE L. 89.493. — CARRIÈRES des LETTRES (Secrétariats, bibliothèque, etc...).

BROCHURE L. 89.494. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.

BROCHURE L. 89.495. — ARTS DU DESSIN : Professorats, Métiers d'art, etc...

BROCHURE L. 89.496. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE, etc...

BROCHURE L. 89.497. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.

BROCHURE L. 89.498. — CARRIÈRES DU CINÉMA.

ÉCOLE UNIVERSELLE

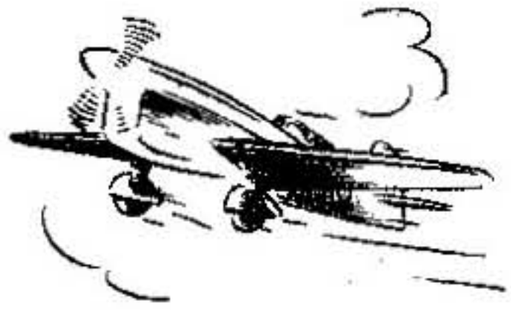
59, boulevard Exelmans, PARIS

JEUNES GENS !

Occupez vos loisirs en suivant par correspondance les cours qui feront de vous, en peu de temps, des hommes de valeur. Faites-vous une situation d'avenir dans l'une des branches suivantes :

DESSIN INDUSTRIEL

Situations agréables dans toutes les industries sans exception : Aviation, Automobile, Constructions mécaniques et électriques, Travaux publics, Grandes Administrations d'État. Partout, il y a place pour des milliers de dessinateurs, hommes et femmes.



AVIATION

Le développement formidable que prendra l'Aviation demain offrira de nombreuses et excellentes situations à un personnel spécialisé.
L'Aviation vous attire ? Alors devenez à votre choix Électro-Mécaniciens ou pilotes.

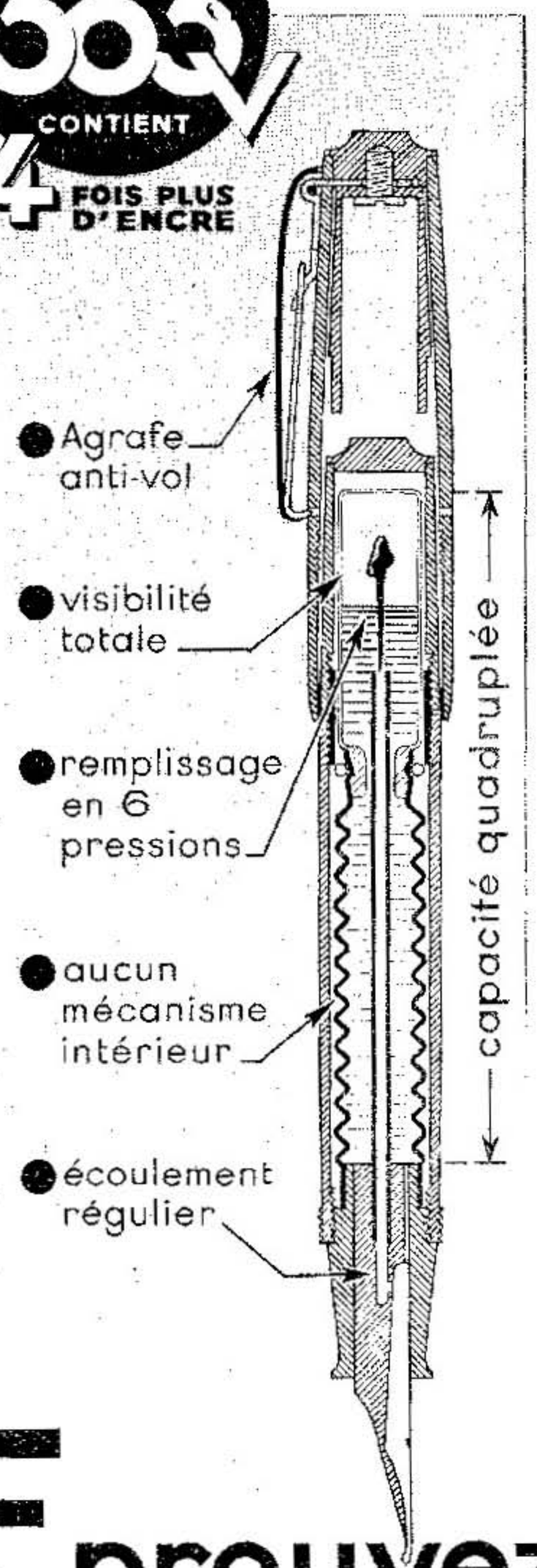
RADIOÉLECTRICITÉ

Industrie à l'avenir illimité, qui, avec ses actuelles applications du Cinéma sonore et de la Télévision, fait appel à des techniciens de tous grades : du monteur à l'ingénieur, elle réserve à ces techniciens un travail aussi passionnant que bien rémunéré.

TRAVAUX PRATIQUES
Avec le matériel que l'École mettra GRATUITEMENT entre vos mains et quelle que soit votre résidence, vous deviendrez un TECHNICIEN VRAIMENT COMPLET

Notre documentation illustrée vous sera adressée GRATUITEMENT sur simple demande (Bien spécifier la branche choisie)

ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
51, boulevard Magenta, PARIS (10e)



Eprouvez
la réelle supériorité technique du 303
Breveté par les Établissements

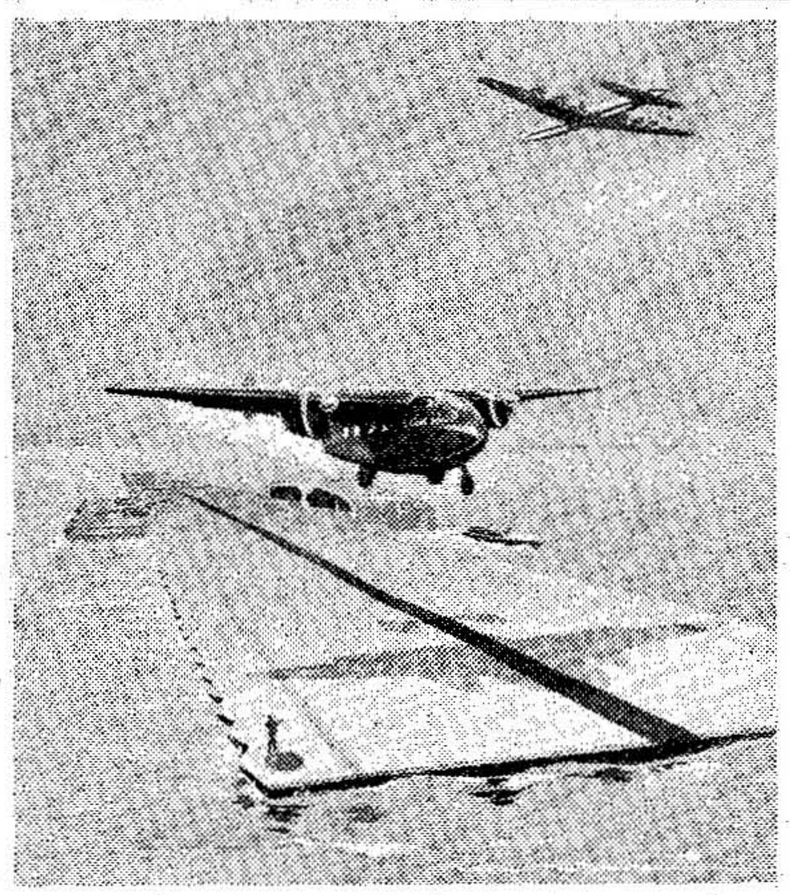
STYLOMINE
Usines et Bureaux : 2, rue de Nice-Paris

SCIENCE ET VIE

Tome LXVIII - N° 339 Décembre 1945

SOMMAIRE

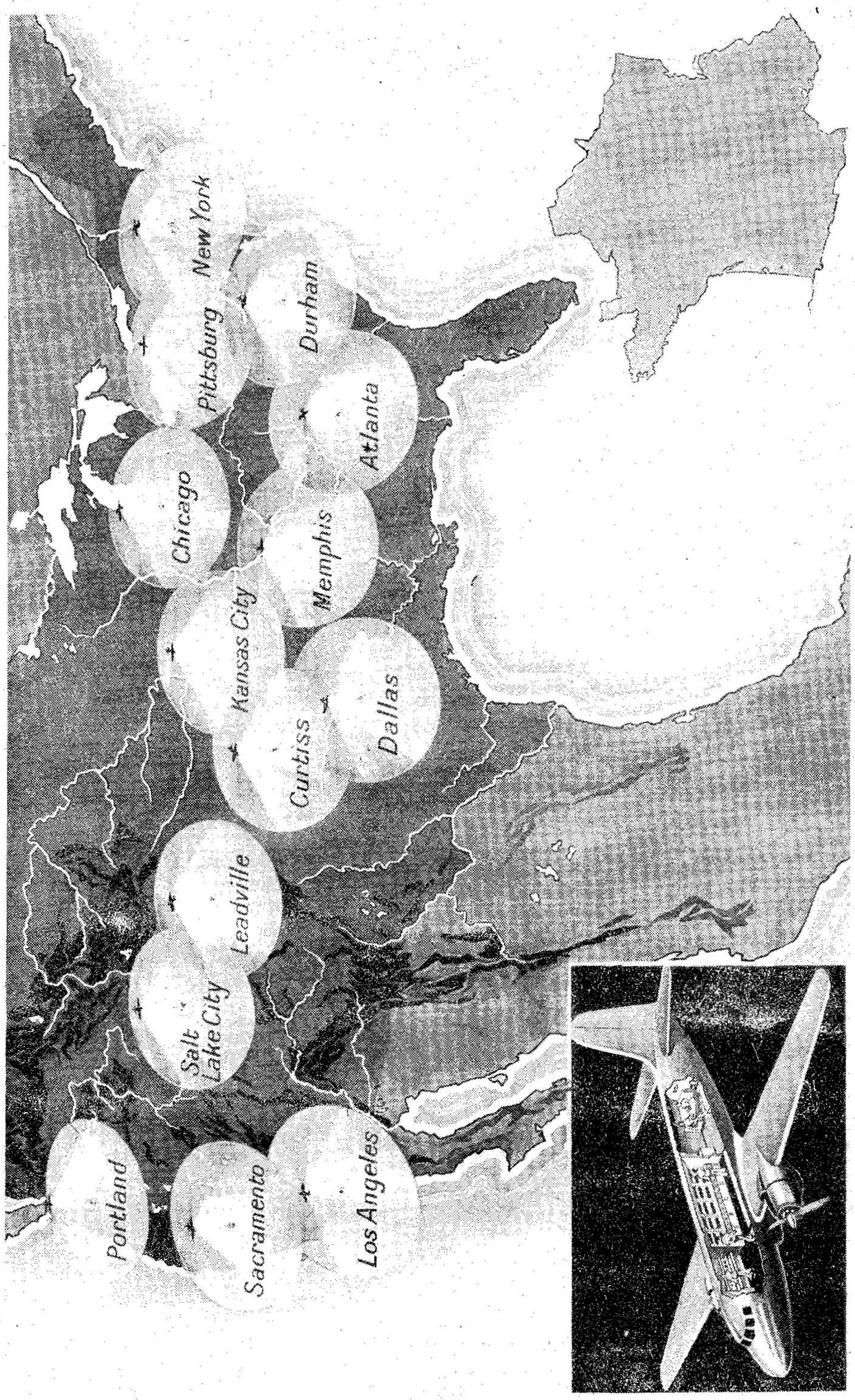
* Où en est la télévision ? par Pierre Hémardinquer..... 227
* Armes nouvelles et bombardement intercontinental, par Camille Rougeron 239
* Jetées et aérodromes flottants, par H. F. 251
* Comment furent vaincus les porte-avions japonais, par Pierre Belleroche 253
* Le chauffage électronique, par J. Piergo 267
* Les A Côté de la science, par V. Rubor..... 272



Il y a environ une quinzaine d'années, quand on commença à envisager les transports aériens entre l'Ancien et le Nouveau Monde, le rayon d'action des avions ne permettait pas de franchir l'Océan d'un seul coup d'aile avec des passagers payants. Aussi avait-on proposé l'établissement de relais constitués par des îles flottantes. Ces îles, beaucoup trop grandioses, ne furent jamais réalisées, et les progrès de l'aviation les rendirent inutiles pour les gros appareils. Aujourd'hui, on saurait construire des aérodromes flottants à l'aide d'un pavage de flotteurs articulés. La couverture du présent numéro représente une île flottante d'un type expérimenté en Angleterre à des fins militaires, mais qui pourrait être aussi employé par l'aviation civile, comme escale pour les avions privés ou les avions de transport de moyen tonnage, ou comme base pour les avions-citernes servant au ravitaillement en vol des cargos aériens de gros tonnage. (Voir l'article page 251).

« Science et Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne. Administration, Rédaction, 5, rue de La Baume, Paris (VIIIe). Téléphone : Élysées 26-69 ; Publicité 24, rue Chauchat Paris (IXe). Téléphone : Provence 70-54. Chèque postal : 91-07 Paris. Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. *Copyright by* « Science et Vie », Décembre mil neuf cent quarante-cinq. Registre du Commerce : Toulouse 3235 B.

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 200 francs ; Étranger, 350 francs. — Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.
Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.
Tout changement d'adresse doit être accompagné de 5 francs en timbres et de la dernière bande d'envoi.
La table générale des matières des vingt premières années (n 1 à 186) est envoyée franco contre 25 francs.



LA STRATOVISION : UN AUDACIEUX PROJET AMÉRICAIN QUI PERMETTRA DE COUVRIR LA MAJEUR PARTIE DES ÉTATS-UNIS AVEC UN NOMBRE RESTREINT DE STATIONS DE TÉLÉVISION

Des avions stratosphériques volant à 10 000 m. d'altitude survolent les studios de prise de vues installés à terre. Des émetteurs portés par des avions retransmettent les émissions qu'ils reçoivent soit des émetteurs au sol, soit des autres appareils. La zone couverte par ces émetteurs a un rayon de 340 km. D'un appareil à l'autre la portée est de plus de 700 km. Avec quatorze stations disposant chacune d'une équipe de quatre appareils, il serait possible de couvrir la majeur partie des États-Unis et de relier les deux océans.

OÙ EN EST LA TÉLÉVISION ?

par Pierre HEMARDINQUER

Peu de temps avant la guerre, des démonstrations organisées par la Radiodiffusion nationale française avaient permis au grand public de constater que la télévision était au point; mais les récepteurs étaient encore des objets de luxe réservés à quelques privilégiés des grandes villes. En Amérique, des émissions régulières touchaient déjà un public assez vaste dans les grands centres urbains. Depuis cinq ans, les progrès techniques ont permis de reproduire des images plus fouillées et de les projeter sur des écrans de grande dimension. Grâce à l'avion stratosphérique émetteur de télévision, le rayon d'action des stations d'émission pourrait être largement augmenté et permettrait de couvrir la France avec un nombre très restreint de stations. La télévision paraît donc appelée à un très bel avenir, notamment dans les pays à standard de vie élevé et puissamment équipés (États-Unis, Angleterre). En France, son succès est lié à la reprise générale de l'activité qui créera seule un public assez vaste pour justifier les dépenses d'équipement des stations d'émission et le lancement en série de récepteurs à des prix abordables.

Les premiers essais de télévision de G. R. Carey datent de 1875 ; ils sont donc bien antérieurs aux transmissions radiophoniques et même radiotélégraphiques.

Or, alors qu'il a fallu moins de trente ans à la radiophonie pour prendre le développement universel qui en a fait une des techniques essentielles de l'époque contemporaine, la télévision, après soixante ans, n'est pas encore entrée réellement dans la vie courante, puisqu'il n'existe pas de diffusion régulière d'images sur toute l'étendue d'un pays.

Cette différence est due aux difficultés immenses et complexes du problème de la télévision, et aussi au rôle particulier de ce moyen visuel d'information, de propagande, d'enseignement et de distraction. Les recherches consacrées à ce problème ont certainement été moins favorisées par les pouvoirs publics, et considérées comme moins essentielles que les perfectionnements radiophoniques.

L'intérêt direct du grand public français envers ces progrès a, d'ailleurs, été généralement assez faible. Les profanes ont surtout considéré les démonstrations qui leur étaient offertes comme des expériences récréatives, et les récepteurs de télévision comme de merveilleux jouets scientifiques pour adultes. Bien peu ont songé à l'installation pratique d'un appareil de télévision à côté de leur radiorécepteur. Les prix des « téléviseurs » étaient très élevés, même avant guerre, et la qualité des images présentées n'aurait guère justifié, il faut l'avouer, l'enthousiasme de néophytes trop impatients.

Pourtant, la télévision existe dès maintenant dans le monde et peut assurer des services vraiment industriels. Sans doute doit-elle recevoir encore des perfectionnements, comme la radiophonie elle-même, et tout procédé industriel en général. Mais, telle qu'on peut l'utiliser aujourd'hui, ses possibilités sont nombreuses et di-

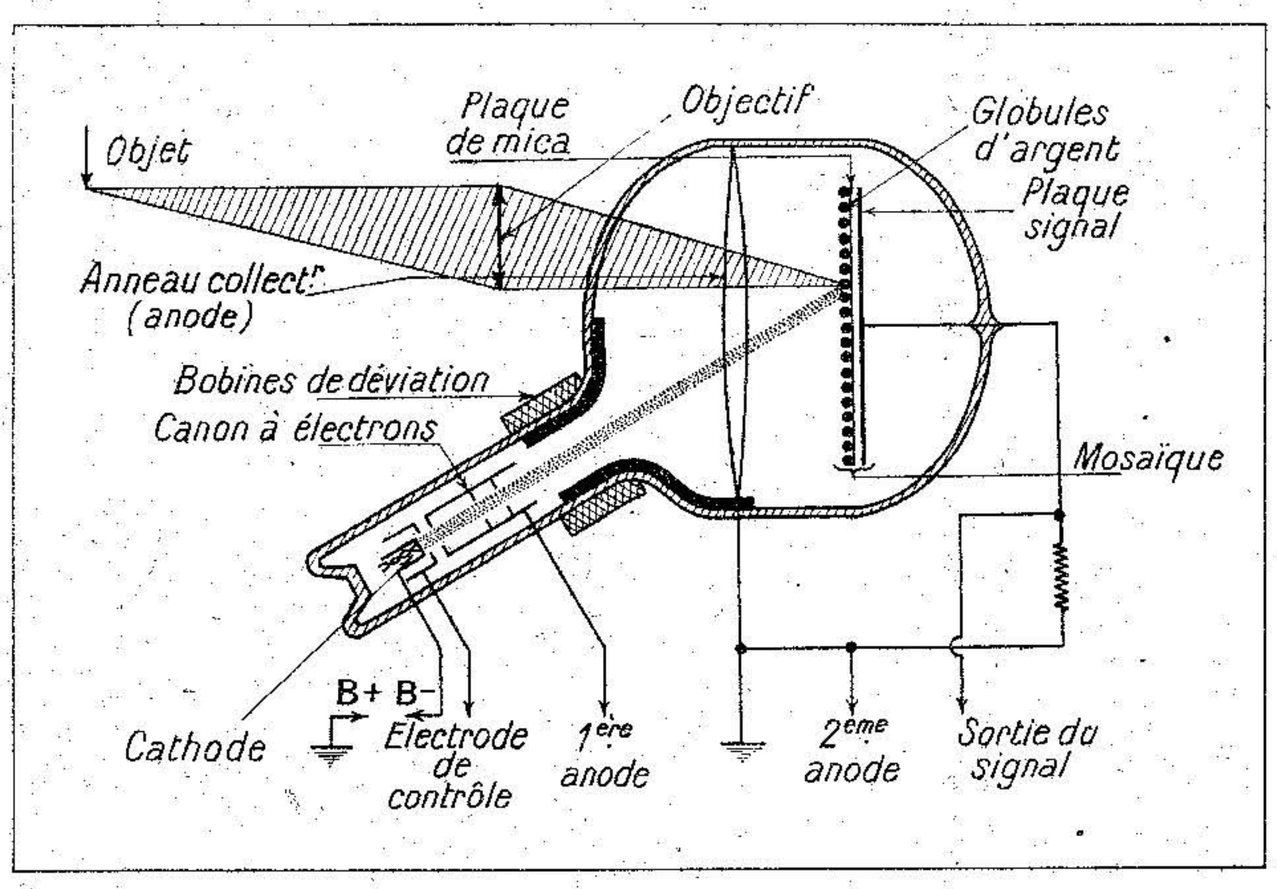


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ICONOSCOPE DE ZWORYKIN

L'image à émettre se forme, grâce à un dispositif optique, sur un écran sensible. Cet écran est constitué par un dépôt d'argent sensibilisé déposé sur une plaque de mica (diélectrique). De l'autre côté de la plaque de mica se trouve une autre couche d'argent appelée « plaque signal », qui constitue avec la première et le mica interposé un condensateur. En chaque point de la mosaïque, la lumière reçue fait apparaître des charges libres, qui sont équilibrées par des charges opposées de la plaque signal, et on a ainsi une multitude de petits condensateurs élémentaires dont la charge en un point est d'autant plus forte que l'énergie lumineuse reçue en ce point est plus grande. Le faisceau d'électrons qui explore l'image fait disparaître les charges libres et provoque l'apparition de potentiels variables avec l'éclairement du point exploré. Les déviations horizontales et verticales du faisceau sont électromagnétiques. Les électrons frappent l'écran obliquement et à grande vitesse, ce qui provoque des émissions secondaires et diminue la finesse de la définition qui n'excède pas 600 lignes.

verses ; elle mérite l'attention du grand public par son intérêt scientifique et ses réalisations pratiques.

Pendant la guerre, elle s'est prêtée à de nombreuses applications militaires, dont quelques-unes seulement nous sont maintenant révélées, telles que la direction par T. S. F. des bombes volantes ou le guidage radioélectrique des avions. Voici maintenant la paix. Que faut-il attendre des procédés actuels de la télévision ? Où en est la télévision dans le monde ?

Qualités idéales et limites des images télévisées

Commençons par rappeler brièvement le principe de la télévision. C'est un procédé de transmission des images qui fait correspondre point par point deux écrans, l'un sur lequel se trouve l'image émise et l'autre sur lequel s'inscrit l'image reçue, de telle sorte que les points plus ou moins éclairés de l'une correspondent à des points plus ou moins éclairés de l'autre. Pour réaliser cette correspondance, on explore l'image émise à l'aide d'un dispositif photoélectrique, qui module, par l'intermédiaire d'une onde ou d'un câble, l'intensité d'un faisceau d'électrons balayant l'écran cathodique du récepteur. Les deux images sont la première explorée, la seconde balayée point par point et ligne par ligne, et, grâce à la persistance de la fluorescence sur l'écran cathodique d'une part, et celle des impressions lumineuses sur la rétine d'autre part, l'œil aperçoit des images complètes qui, se reproduisant à la cadence de 24 par seconde, lui donnent la sensation du mouvement.

Il va sans dire que les images seront d'autant plus fines et plus fouillées que le nombre des points dans lesquels sont décomposées les deux images à l'émission et à la réception sera plus élevé, ou, par conséquent, que les images seront « définies » par un plus grand nombre de lignes de balayage.

Les perfectionnements de la télévision ont pour but essentiel d'obtenir des *images de plus en plus fines, et de surface de plus en plus grande. Il y a pourtant des limites qu'il est absolument inutile de vouloir dépasser.*

Pour obtenir une vision agréable, le spectateur doit se placer à une certaine distance de l'écran, variable suivant les dimensions de celui-ci, et, instinctivement, lorsqu'il en a la possibilité, il s'éloigne ou se rapproche, de façon à observer le maximum de détails. L'observation ne se fait pas à la distance minimum de vision distincte, comme s'il s'agissait d'une photographie ou d'une gravure ; la distance est toujours supérieure à 1 m pour une image de l'ordre de 30 cm ; pour une image de 20 cm, elle est de 75 à 90 cm.

Le nombre maximum de détails que le spectateur peut apercevoir n'est pas illimité ; il est fixé par son acuité visuelle, qui varie entre 1 et 2 minutes d'arc. Même si le spectateur peut observer l'image au minimum de vision distincte, à une distance de l'ordre de 30 cm, une telle acuité visuelle ne correspond guère qu'à une dimension de l'ordre du dixième de millimètre, et, pour une image d'une quinzaine de centimètres de hauteur, ce détail limite correspondrait à une trame de 1 000 lignes. Il serait absolument inutile d'aller plus loin, puisque l'œil ne pourrait plus discerner des détails plus fins.

D'autres causes limitent la finesse de la trame : ce sont les dimensions du spot d'analyse. Ce n'est pas un point géométrique, il a une surface finie ; il ne servirait à rien d'effectuer l'analyse avec un nombre élevé de lignes si les dimensions réelles du spot devaient être supérieures à la hauteur de chaque ligne idéale.

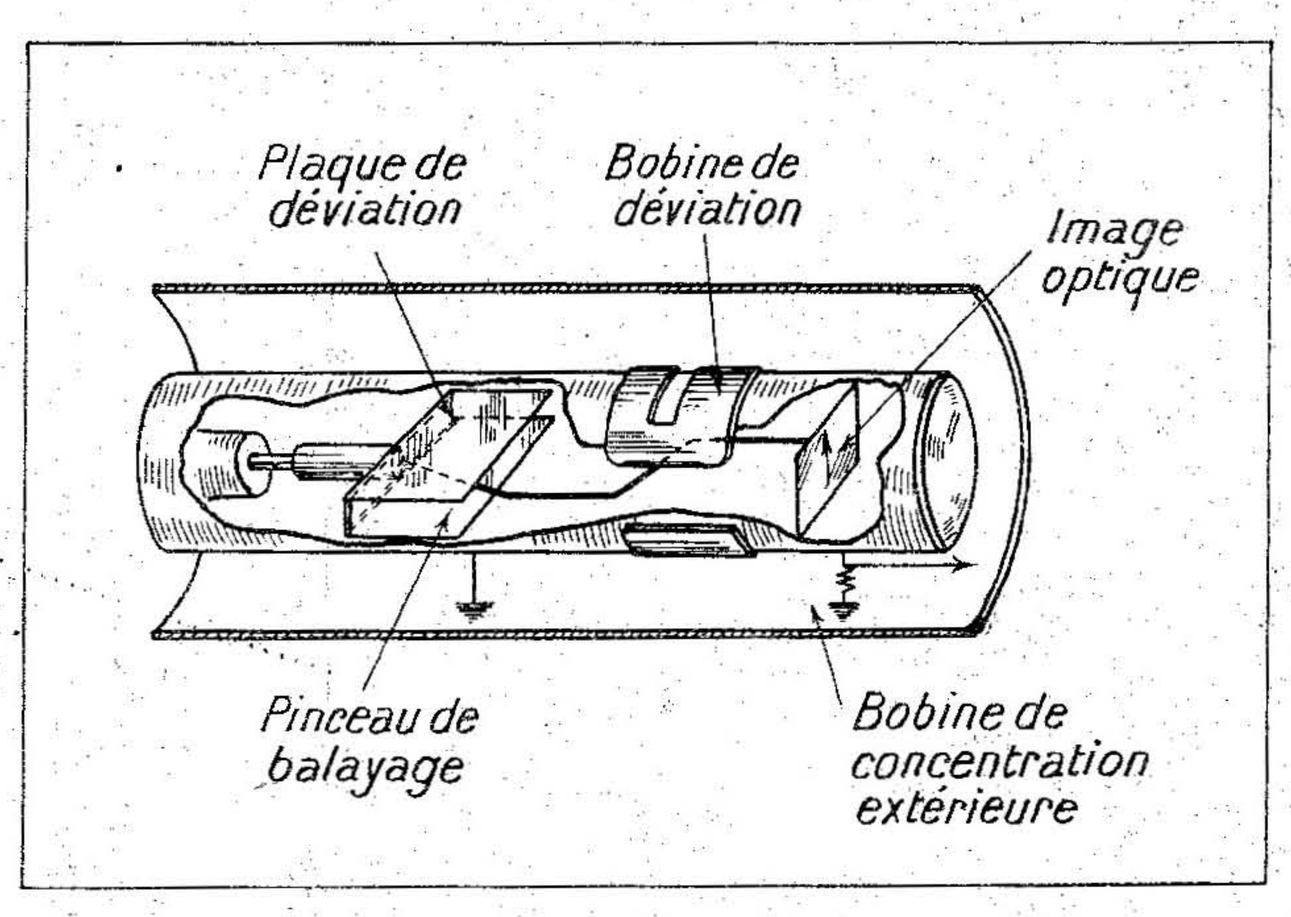


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ORTHICONOSCOPE DE ZWORYKIN

L'accélération et la déviation des électrons (permettant le balayage de l'écran) sont obtenues par une méthode différente de celle employée dans l'iconoscope. Tandis que la déviation horizontale devient électrostatique, la déviation verticale est produite par un champ électromagnétique. Enfin, les électrons sont soumis à un champ axial produit par une bobine extérieure qui rend leurs trajectoires parallèles à son axe. Cette méthode donne un faisceau d'électrons lents et qui frappent perpendiculairement l'écran mosaïque. Elle oblige à rejeter le dispositif optique produisant l'image sur l'écran du côté de la plaque signal, rendue semi-transparente. L'appareil permet des définitions de 600 à 700 lignes.

L'exemple du cinéma

Dans les études élémentaires, on a souvent l'habitude de comparer une image de télévision à une illustration de *photogravure*, composée de petits cercles blancs ou noirs plus ou moins resserrés, ou d'un quadrillage en damier. Il est plus rationnel de comparer l'image télévisée à une projection cinématographique. Le résultat pratique à obtenir consiste, d'ailleurs, dans la réception d'une image dont la qualité apparente soit comparable à celle de cette projection.

On a souvent sur cette qualité des idées assez inexactes. Le film cinématographique lui-même présente toujours un certain *grain*. Malgré les progrès des émulsions, le grain est généralement de 4/100 de millimètre, et a pu être réduit au minimum à 2/100 de millimètre. Ce grain est amplifié par la projection, dont le grossissement est de l'ordre de 27 000 pour le film standard, et supérieur pour les formats réduits.

Il est difficile de comparer le grain de l'émulsion photographique au point d'image de la

télévision ; ce dernier est plus régulier, mais des essais ont montré qu'une analyse de l'ordre de 1 000 lignes détermine la transmission de la granulation du film autant que celle des détails utiles de l'image.

En fait, un film à émulsion très rapide présente une définition de 30 lignes par millimètre, soit de 450 lignes sur l'image, un film à contraste modéré de 45 lignes par millimètre, soit 675 lignes au total, et, enfin, un film de sensibilité normale de 50 lignes par millimètre, soit 750 lignes par image.

La qualité finale de l'image projetée dépend encore de la camera et de l'objectif de prise de vues, des traitements photographiques, du projecteur, et de son objectif.

Dans la camera, la tolérance des perforations correspond à une précision de 600 lignes par image. L'erreur possible de mise au point, réduisant la définition maximum, indique une caractéristique limite égale.

Malgré tous les perfectionnements des objectifs de prise de vues, et surtout de projection, il est impossible de supprimer complètement les aberrations et d'obtenir une image de qualité absolument régulière sur toute la surface de l'écran. Dans l'axe de projection, les effets de « flou » réduisent la définition à 450 lignes, et, sur les côtés, à 400 lignes au maximum. En pratique, la définition dans les salles courantes ne dépasse pas 500 lignes au centre et 300 lignes dans les angles de l'écran.

Il n'y a pas *une qualité* d'image uniforme, d'ailleurs ; elle dépend de l'état du film et des conditions de la projection. L'œil du spectateur porte son attention vers le centre de l'écran, et néglige les angles.

Cette qualité est encore plus faible dans les projections d'amateurs de format réduit. Elle est de l'ordre de 300 à 500 lignes pour le film de 16 mm, mais ne dépasserait pas quelque 100 lignes dans les projections assez grossières de 9,5 mm.

On peut s'étonner du niveau peu élevé de ces évaluations et se demander comment des images aussi imparfaites peuvent nous donner une impression agréable. Il suffit de considérer les conditions de l'observation cinématographique, qui s'effectue loin de l'écran, et le mouvement continuel de l'image, pour comprendre cette tolérance physiologique. Les spectateurs sacrifiés des premiers rangs de l'orchestre se rendent bien compte de ces défauts, qui échappent aux privilégiés du balcon !

450 ou 1 000 lignes?

Les conditions de la projection cinématographique sont-elles les mêmes que celles de la réception des images télévisées ? Des essais directs sur cette question ont été entrepris par le Laboratoire de la Compagnie des Compteurs sur une image de 25 × 30 cm (format 5/6) avec un éclairement de 75 lux, en variant les sujets et les distances. Ces essais ont montré que la trame horizontale est encore visible avec une analyse à 441 lignes, mais peut disparaître à partir de 700 lignes environ. La limite minimum admissible est considérée aux États-Unis comme de l'ordre de 300 lignes.

Un grand nombre de techniciens, aussi bien en France qu'à l'étranger, estiment que le standard d'analyse actuel, de l'ordre de 500 lignes, est suffisant pour assurer des images de qualité pratique agréable. Les défauts constatés actuellement ne sont pas dus, d'après eux, à une définition trop faible, mais à des imperfections de transmission et de réception.

La qualité finale de l'analyse est en raison étroite avec la *finesse du spot* et sa régularité ; malgré les progrès du tube cathodique, il est difficile d'éviter les variations du diamètre du spot en fonction de sa brillance.

Le *contraste photographique* des lumières et des ombres est également indispensable. Seul un tube de haute qualité à grand contraste peut donner le même résultat qu'un film cinématographique.

La *stabilité de l'image*, en rapport avec la synchronisation, l'*absence de scintillement* sont tout aussi nécessaires. Les différentes méthodes d'*entrelacement* des lignes explorées présentent des difficultés optiques complexes, des effets stroboscopiques, qui ne sont pas tous résolus. Il faut faire disparaître les « ondulations » lumineuses et le « papillottement » des images, et également supprimer le « papillottement » des lignes, puisqu'il s'écoule un certain intervalle entre le passage de deux lignes consécutives.

Il ne servirait à rien de transmettre des images à très haute définition si nous n'avions pas à notre disposition des *récepteurs capables de traduire la qualité même de ces émissions*. Les résultats immédiats que peuvent assurer les méthodes actuelles dépendent plutôt *d'une meilleure utilisation du standard existant* que d'un remplacement trop rapide par une norme à très haute définition de 800 à 1 000 lignes.

Il en est de même en radiophonie. Il ne servi-

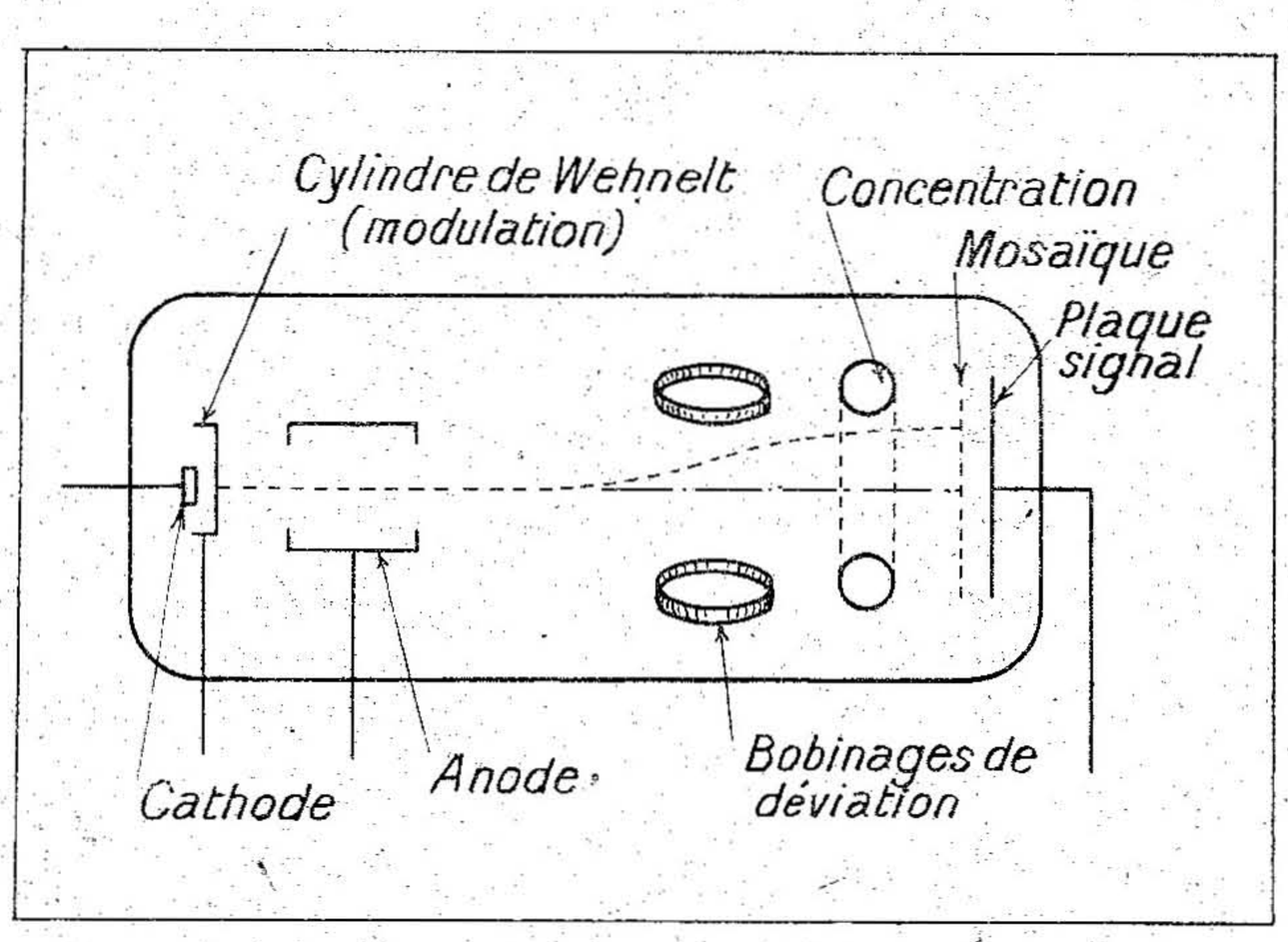


FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ISOSCOPE DE BARTHÉLEMY

La déviation du faisceau d'électrons lents est magnétique. Avant de frapper l'écran mosaïque, ils sont concentrés par le champ d'une bobine et frappent l'écran perpendiculairement à sa surface. L'émission secondaire est évitée. Ici encore le dispositif optique produisant l'image se trouve du côté opposé à la mosaïque sensible, et l'image se forme à travers la plaque signal semi-transparente. L'appareil permet des définitions de 1 000 lignes.

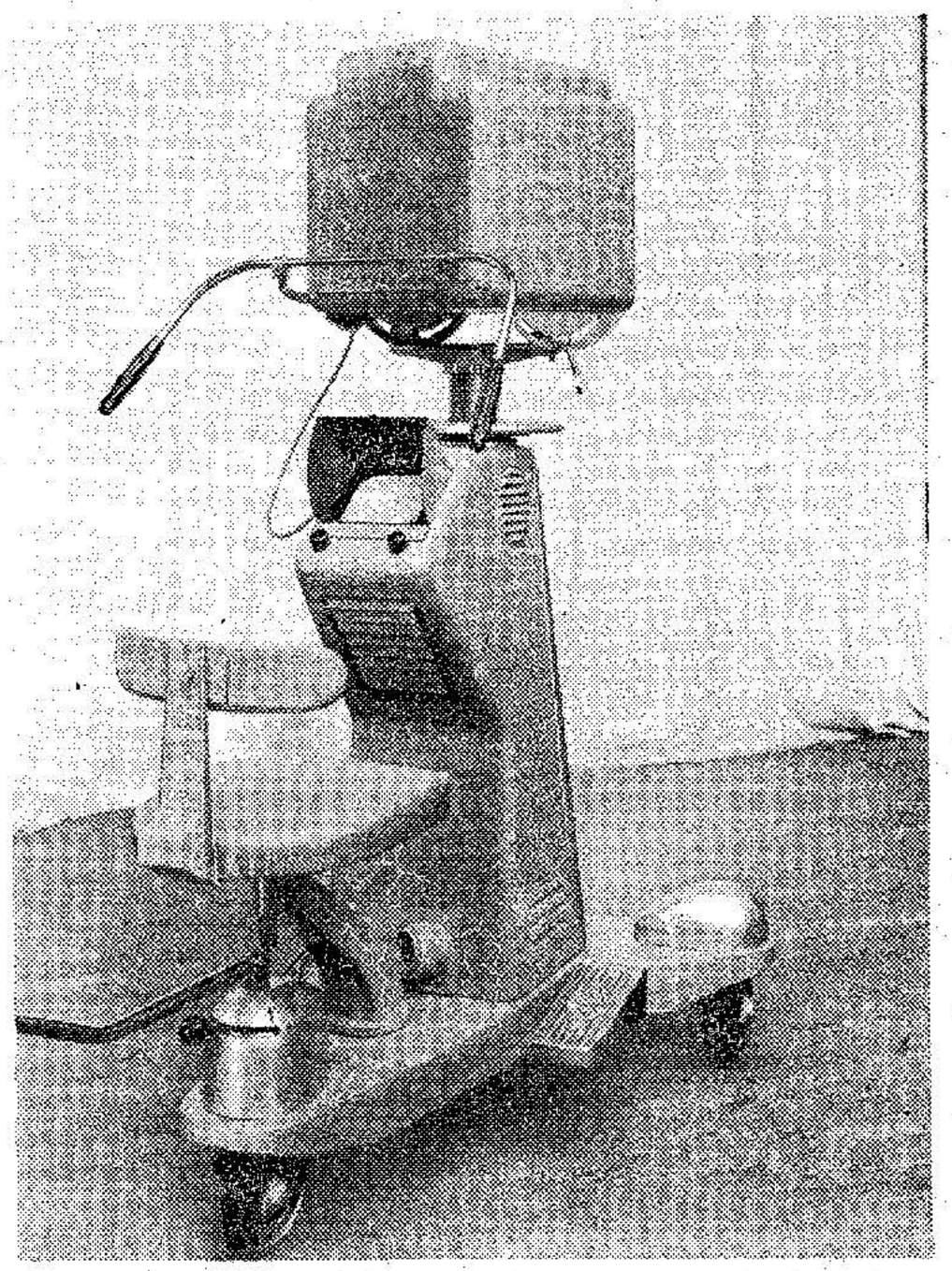


FIG. 4. — UNE CAMERA ÉLECTRONIQUE MOBILE ÉQUIPÉE AVEC UN TUBE ISOSCOPE (BARTHÉLEMY)

Cette camera comporte un « viseur électronique » constitué par un tube cathodique témoin que l'on voit au-dessous du boîtier de la camera.

rait à rien d'avoir des postes émetteurs assurant la transmission intégrale de la gamme des sons musicaux jusqu'à 8 000 ou 10 000 périodes par seconde, puisque nos récepteurs actuels ne reproduisent que très difficilement les sons aigus au delà de 5 000 périodes par seconde.

Les difficultés de la diffusion à très haute définition

En dehors des problèmes optiques et électroniques d'analyse et de reproduction, la télévision à très haute définition se heurte à de très graves difficultés de transmission, qui rendent son application encore lointaine. Au cours d'un balayage complet d'une image de télévision, les variations d'éclairement des points explorés successivement font varier l'intensité de l'onde porteuse. Cette onde doit être capable de transmettre de telles variations, ce qui suppose que sa fréquence est suffisamment élevée. Supposons que l'on ait à transmettre une image dont la hauteur soit les trois quarts de la longueur. Si nous prenons pour la transmission une définition (extrêmement grossière) de 30 lignes, comme les points élémentaires de l'image sont aussi larges que hauts, nous aurons 40 points par ligne, et le nombre des points explorés à chaque balayage sera de 1 200. Si nous nous plaçons dans le cas le plus défavorable où l'image à explorer est un damier noir et blanc, nous aurons 600 points noirs et 600 points blanc alternés, et l'éclairement variera de façon périodique à raison de 600 périodes par balayage. Comme l'image est balayée vingt-quatre fois par seconde, la fréquence de la variation d'éclairement sera de $600 \times 24 = 14\,400$ périodes par seconde, ce qui exigera pour la retransmission une bande de fréquence de 28 kilocycles.

Si nous faisons le même calcul avec une définition de 450 lignes, puis de 1 000 lignes, nous obtenons respectivement pour les bandes de fréquence des valeurs de 5,5 mégacycles et de plus de 25 mégacycles (le nombre de points élémentaires augmente comme le carré du nombre des lignes). Pour la transmission de telles bandes de fréquences, la longueur d'onde doit être de l'ordre de 6 à 7 mètres pour 450 lignes. Pour la télévision à 1 000 lignes, on a pu proposer d'utiliser une demi-bande de 13 mégacycles. En pratique, on prévoit au minimum 15 à 20 mégacycles, ce qui amène à choisir les longueurs d'onde de 2 à 3 m (100 à 150 mégacycles). La propagation d'ondes aussi courtes s'effectue de plus en plus suivant des lois quasi optiques ; la réception est souvent gênée par des ondes stationnaires, dues à des interférences par ondes réfléchies, provoquant des images parasites. Il devient nécessaire d'utiliser des antennes complexes, des dispositifs réflecteurs ; la modulation doit aussi être étudiée spécialement.

A vrai dire, on manque encore d'indications précises sur les résultats pratiques de la diffusion sur une gamme d'ondes aussi courtes dans les centres urbains, et de longues séries d'expériences seront encore indispensables. La transmission régulière à grande distance semble impossible, dès maintenant, avec une fréquence supérieure à 86 mégacycles et même à 68 mégacycles.

Surface et qualité de l'image

Une autre caractéristique essentielle de l'image est constituée par *ses dimensions*. Les premières images télévisées avaient quelques centimètres de côté. Même avec des agrandisseurs optiques, leurs dimensions virtuelles n'excédaient pas celles d'une carte postale 9×12 ou 8×14 cm ; la largeur maximum obtenue était de l'ordre de 18 cm. Puis l'image directe passa à 18×19 cm ou à 21×24 cm, et on put obtenir des projections sur petits écrans, de l'ordre de 20×30 cm.

Ces dimensions ne paraissent pas suffisantes à la majorité des profanes, qui désireraient obtenir des images de dimensions au moins comparables à celles des projections cinématographiques. Ces néophytes ne se rendent pas compte des *difficultés déterminées par toute augmentation de la surface de l'image*, et portant tout autant sur la définition que sur l'éclairement.

Les récepteurs actuels sont munis de tubes cathodiques dans lesquels la brillance dépend de facteurs complexes, et surtout de la tension anodique, déterminant la vitesse des électrons émis par la cathode, et, par conséquent, l'intensité et la densité du flux agissant sur l'écran fluorescent.

Par le principe même de la télévision, l'observateur n'aperçoit, en réalité, à un moment donné, qu'un élément lumineux sur cet écran. La reconstitution est obtenue grâce au phénomène de la persistance rétinienne ; aussi, la luminosité demeure-t-elle relativement faible. De là, l'emploi de tubes à grande brillance fonctionnant sous haute tension. Leur prix de revient est élevé, et la construction générale des récepteurs est rendue plus difficile et plus coûteuse, par suite de ces hautes tensions, appliquées, en particulier, sur les condensateurs.

La construction de récepteurs à grand écran, de prix relativement peu élevé, ne paraît pas possible, surtout en France. Il sera sans doute nécessaire de distinguer longtemps deux catégories d'appareils. Les modèles à vision directe, ou à dispositif optique simple, assurant des images de l'ordre d'une vingtaine de centimètres de côté, peuvent être établis en série et destinés à la plus grande partie des amateurs futurs de télévision. Les récepteurs à image projetée sur écran, de dimensions de l'ordre de 30 à 40 cm, seront des modèles de luxe, réservés à une clientèle privilégiée. Mais cela ne signifie nullement qu'un écran réduit supprime l'intérêt de la réception. Une image nette, fixe, bien éclairée, est préférable à une grande projection floue, peu stable, et sans contraste ; elle assure déjà une observation agréable pour plusieurs spectateurs sous un angle assez large. Le nombre de lampes des récepteurs de télévision en montre d'ailleurs la complexité par rapport aux radiorécepteurs ; les appareils courants comporteront entre 18 et 25 lampes.

Les cameras électroniques

Les émissions de télévision sont effectuées uniquement à l'aide de *cameras électroniques*, appareils constitués à l'aide de tubes à rayons cathodiques plus ou moins modifiés, et appelés ainsi par analogie avec les cameras cinématographiques, dont elles ont l'aspect extérieur.

L'idée initiale de la camera électronique semble due à Campbell Swinton et date de 1908, mais le prototype des appareils modernes a été imaginé par V. K. Zworykin (1), sous le nom d'iconoscope (du grec *icon*, image et *scopè*, vision) (fig. 1).

Ce tube à vide poussé contient une plaque de mica rectangulaire très mince, recouverte d'un côté de globules minuscules d'argent rendus photosensibles par le césium, et formant autant de cathodes photoélectriques élémentaires. De l'autre côté de l'écran de mica, supporté par une plaque métallique, on dépose une couche d'argent.

L'image à téléviser est projetée sur cet écran en mosaïque que l'on peut considérer comme une multitude de petites cellules photoélectriques élémentaires. Un pinceau de rayons cathodiques très fin, de l'ordre de 1/10 de millimètre de diamètre, peut venir balayer la mosaïque des cellules suivant deux mouvements perpendiculaires, l'un horizontal très rapide à la fréquence fixée pour l'analyse par lignes, l'autre plus lent à celle de la déviation verticale.

La surface entière de l'image est ainsi analysée ; chaque élément photosensible subit l'action du flux d'électrons. On peut recueillir, en théorie, à chaque instant, un potentiel qui dépend uniquement de l'intensité lumineuse au point considéré. Le nombre d'éléments est de l'ordre du million, ce qui permet aisément l'analyse à 600 lignes, à condition d'avoir un spot assez fin.

L'écran reste éclairé durant tout le temps d'analyse de l'image. Il se produit donc *une accumulation des charges* électriques ; le pinceau d'analyse recueille à son passage, d'une durée de l'ordre d'une fraction de microseconde, les charges accumulées. L'avantage de cette accumulation est théoriquement très grand, mais ne dépasse guère en pratique 5 à 8 % de la valeur théorique.

Ce fait est dû à ce que les électrons atteignant l'écran sont animés d'une très grande vitesse, et ne frappent pas perpendiculairement la surface. Le bombardement électronique très violent arrache les électrons de la surface atteinte, la direction oblique du pinceau entraîne des interactions des éléments photoélectriques diminuant le contraste de l'image. Les phénomènes d'*émission secondaire* de la couche argent-oxyde d'argent-césium détermineraient, d'après les plus récentes études, tout le fonctionnement du tube.

Pour éviter ces irrégularités, on a d'abord eu l'idée de séparer les deux fonctions de l'écran en mosaïque : émission photoélectrique et accumulation des charges, en utilisant un écran photosensible et une mosaïque distincte, sur laquelle on produit, en quelque sorte, une image électronique correspondant à l'image optique recueillie sur la plaque photosensible. Cette solution a été adoptée pour la construction du tube super-émitron possédant déjà une sensibilité double de l'émitron dérivé de l'iconoscope primitif.

Les tubes à électrons lents

La solution la plus récente consiste à réduire la vitesse des électrons venant frapper l'écran

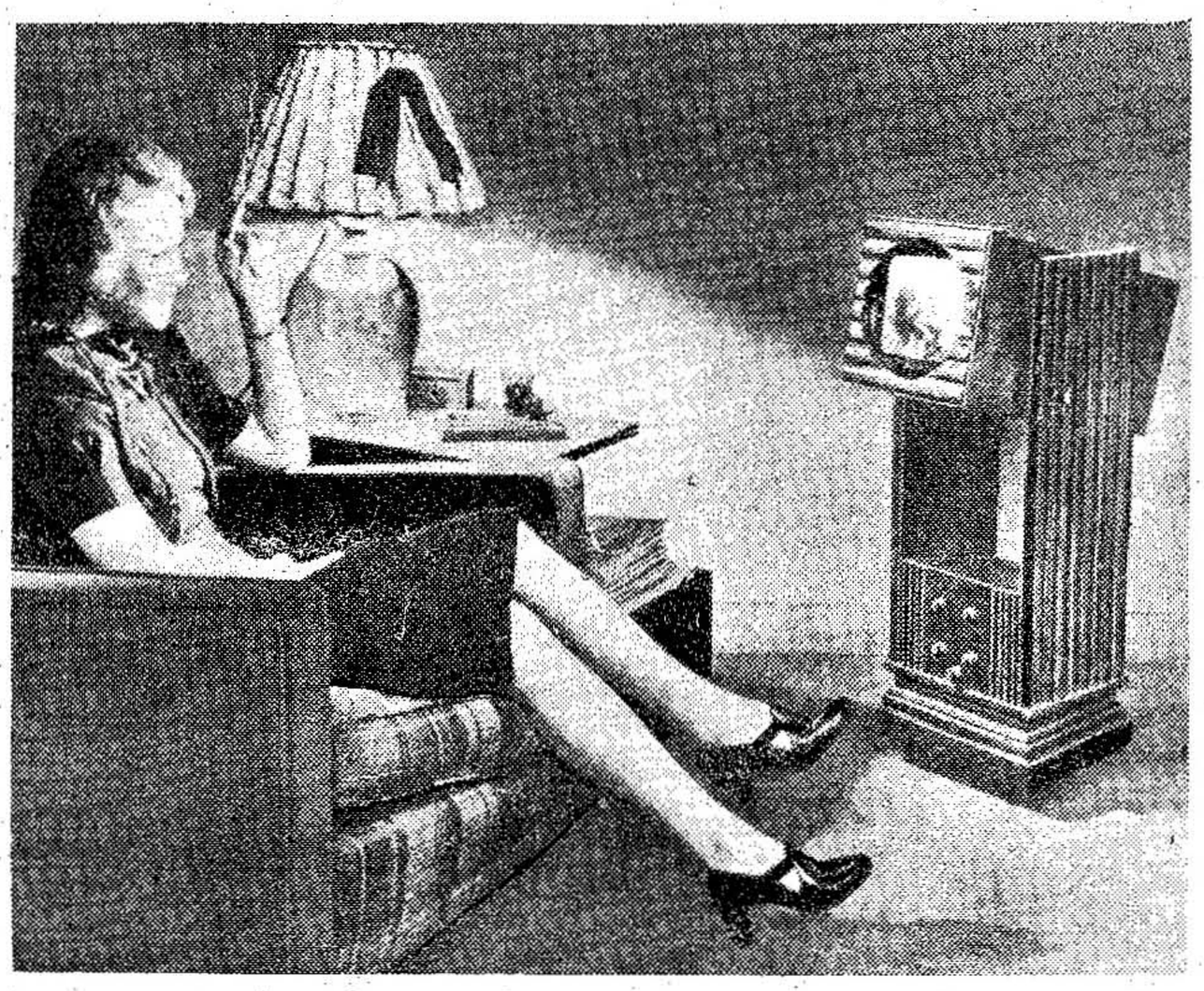


FIG. 5. — LE RÉCEPTEUR AMÉRICAIN « KINET » POUR LA VISION A DISTANCE

Cet ingénieux appareil est relié au récepteur de télévision et permet la vision dans une chambre quelconque d'un appartement. Le tube cathodique placé dans le boîtier supérieur est orientable dans le plan vertical.

(1) Voir : " Du nouveau en télévision" (*Science et Vie*, n° 209, novembre 1934).

photosensible, de façon à supprimer l'émission secondaire, et à diriger le flux perpendiculairement à la surface.

Dans le tube américain *orthiconoscope* (1), établi par Zworykin en 1939, l'écran est maintenu au potentiel de la cathode ; la vitesse des électrons demeure très faible. L'emploi d'un pinceau électronique à faible vitesse fait craindre des déviations sous des influences parasites, magnétiques ou électriques, et rend difficile une orientation perpendiculaire exacte.

Pour remédier à cet inconvénient, les techniciens américains ont adopté un double système de déviation, modifiant la direction du pinceau de balayage entre la cathode et l'écran.

Un champ axial, produit par un bobinage extérieur entourant le tube de forme cylindrique, détermine la concentration du faisceau d'électrons et assure sa direction perpendiculaire à l'écran ; la déviation horizontale est assurée par un champ électrostatique, avec une paire de plaques, et la déviation verticale par des bobinages. L'image se forme sur un écran en mosaïque photosensible semi-transparent (fig. 2).

Ce tube perfectionné est employé normalement pour les prises de vues en plein air dans les cameras américaines ; celles-ci sont munies de téléobjectifs à très grande ouverture assurant un éclairement suffisant de l'écran.

Une nouvelle solution française de la camera électronique : l'isoscope

M. R. Barthélemy, le pionnier de la télévision en France, a mis au point en 1945 un nouveau tube électronique baptisé *isoscope*, à électrons lents et présentant plusieurs avantages essentiels.

La concentration du faisceau d'électrons lents, d'une section de l'ordre de 1/10 de millimètre, est assurée par un champ magnétique très puissant, de 30 à 100 gauss, produit par un bobinage de 15 cm de diamètre dont l'axe coïncide avec celui du tube, de telle manière que le faisceau frappe perpendiculairement l'écran (fig. 3).

Ce dernier est transparent et constitué par une plaque de mica supportant, sur une face, la mosaïque photosensible et, sur l'autre, la plaque commune formée par une couche très fine d'argent craquelé. La tension appliquée sur l'anode par rapport à la mosaïque est de l'ordre de 220 V seulement ; la sensibilité est de l'ordre de 10 à 20 microampères par lumen. Les photoélectrons ne sont plus émis par la couche que sous l'effet de la lumière qui les frappe ; il n'y a plus d'émission secondaire provoquée par les électrons incidents. La correction trapézoïdale, rendue nécessaire par la projection oblique de l'image dans l'iconoscope, n'est plus utile, et le dispositif optique est simplifié.

La déviation de balayage est réalisée à l'aide d'un dispositif uniquement magnétique donnant des résultats beaucoup plus réguliers pour le balayage horizontal. Ce procédé a amené à considérer des surtensions très élevées aux bornes des bobinages produisant le champ nécessaire ; il faut prévoir des blindages très étudiés et des circuits abaisseurs.

Malgré la perte de lumière due au passage de la lumière à travers la plaque transparente, de l'ordre de 40 % à 50 %, la sensibilité est dix fois supérieure à celle de l'iconoscope. La modu-

(1) Voir : " Les progrès de la télévision " (*Science et Vie*, n° 292, décembre 1941).

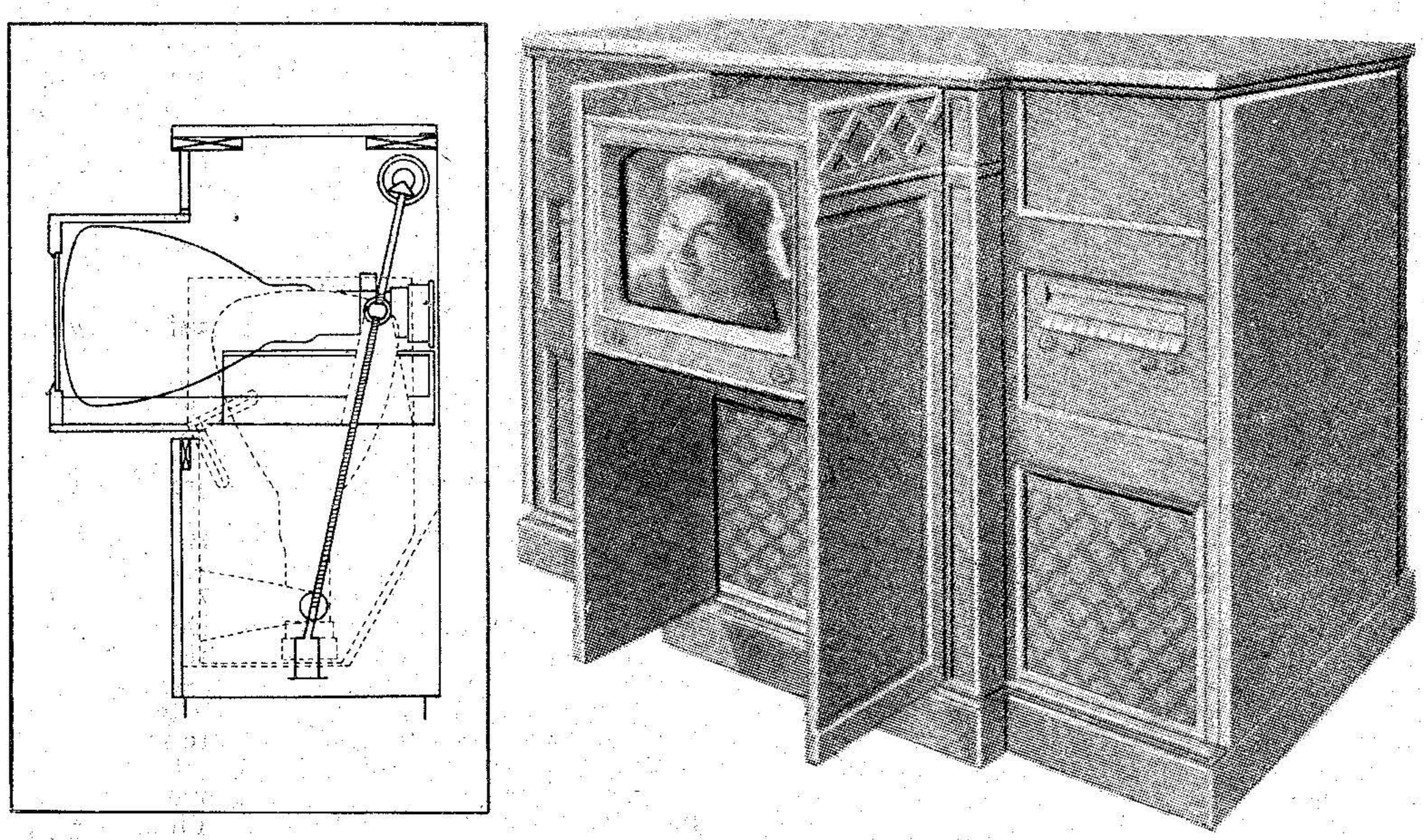


FIG. 6. — UN DES PLUS RÉCENTS RÉCEPTEURS DE TÉLÉVISION AMÉRICAINS A VISION DIRECTE : LE MODÈLE ALLEN B. DU MONT

Il comporte un tube cathodique de 50 cm de diamètre contenu dans une ébénisterie de 1,5 m de large, 1,2 m de hauteur et 0,6 m de profondeur. Le tube est escamotable à la position de repos à l'aide d'un moteur enclenché par un bouton-poussoir et actionnant une vis sans fin, comme le montre la coupe schématique à gauche.

lation haute fréquence est facile à réaliser.

Ce nouveau tube a permis d'établir des cameras électroniques mobiles d'un emploi pratique au studio. Ces appareils sont munis d'un dispositif de *visée électronique* avec tube cathodique témoin, plus exact qu'un viseur optique et permettant de juger plus efficacement des qualités réelles de l'image obtenue (fig. 4).

Les techniciens français étudient également la détermination de la forme du spot d'analyse, présentant une si grande importance pour la qualité finale. Un résultat idéal consisterait à faire disparaître la structure lignée du fond et à obtenir ce que les Américains appellent un *flat field*.

Un spot de hauteur trop faible traduit une ligne oblique continue par une ligne ponctuée ; si le spot est de hauteur correspondant au pas du lignage, mais trop mince, la ligne reproduite a l'aspect sinueux. Enfin, si le spot est trop épais, la ligne reproduite présente l'aspect d'une suite de perles d'un chapelet. Ces inconvénients sont évités en utilisant un spot à bords obliques.

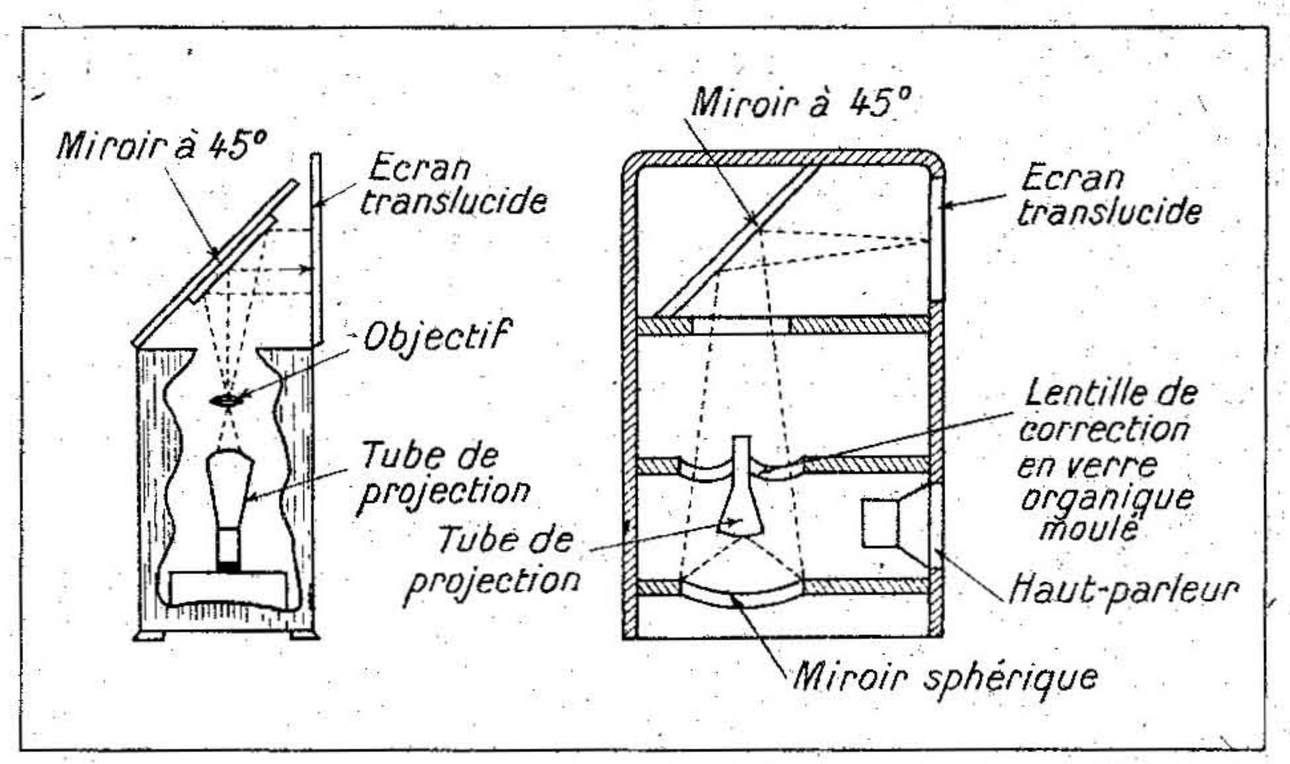


FIG. 7 ET 8. — SCHÉMAS DE RÉCEPTEURS D'APPARTEMENT A ÉCRAN

A gauche, l'image est formée sur le fond d'un tube cathodique disposé verticalement à la base de l'appareil; elle est agrandie par un équipage optique et renvoyée sur un écran translucide par un miroir à 45°. A droite, le récepteur, établi par C. Maloff et W. Epstein de la Radio Corporation of America, ne comporte plus d'objectif de projection. L'écran du tube cathodique placé verticalement est dirigé vers le bas; l'image est agrandie par un miroir sphérique, et les aberrations sphériques de ce miroir sont compensées par l'emploi d'une lentille de correction en verre organique moulé (plexiglas).

Vision directe ou projection?

Les tubes cathodiques de réception ont également été constamment perfectionnés. Il est toujours difficile d'établir des modèles de grand diamètre ; le maximum paraît être de l'ordre de 40 à 50 cm. Normalement, on ne dépasse pas une trentaine de centimètres, ce qui correspond à des images d'une vingtaine de centimètres de côté.

Le prix de revient d'un tube de grand diamètre est très élevé, et les dangers d'éclatement augmentent avec les dimensions. Pour assurer une résistance suffisante à la pression atmosphérique, la face terminale du tube est généralement bombée, ce qui déforme l'image projetée. La Radio Corporation of America utilisait, d'abord, un tube de 22 cm pour produire une image de 15 × 20 cm. Au moment de la guerre, elle adoptait pour la vision directe un tube de 30 cm, assurant une image de 20 × 25 cm. Les ingénieurs de cette société avaient même étudié un modèle démontable très curieux, à vide entretenu, comportant une partie conique en métal, et une plaque antérieure en pyrex de 75 cm de diamètre. Ce tube aurait permis d'obtenir une image de 45 × 60 cm ; il ne semble pas avoir été utilisé pratiquement, mais la construction des tubes métalliques à face antérieure transparente plane paraît, au contraire, avoir été retenue.

Actuellement, l'emploi de tubes à grand diamètre semble abandonné pour la vision directe d'images de grandes dimensions ; les tubes à vision directe n'équipent plus que des appareils simplifiés, dans lesquels les dimensions de l'image n'excèdent pas une vingtaine de centimètres (fig. 5 et 6).

Lorsqu'on veut obtenir une image bien éclairée et plus grande, même pour la réception d'amateur, on a recours à de petits tubes de projection à grande puissance avec écran séparé. Un tel tube comporte une première anode, sur laquelle on applique une tension de quelques centaines de volts, et une seconde portée à 20 000 V au minimum.

La concentration du pinceau électronique et sa déviation sont assurées par des champs magnétiques, ce qui permet de réaliser des tubes de longueur relativement faible par rapport au diamètre et réduit l'encombrement.

L'emploi d'un objectif de projection de courte distance focale et à grande ouverture entraîne des déformations. On a été amené à utiliser des tubes à fond concave pour neutraliser, en quelque sorte, les défauts du système optique, par des défauts correspondants, mais inverses ; on a pu ainsi obtenir de bonnes images de 40 × 50 cm, avec une image initiale de 40 × 50 mm, par exemple, sur le fond du tube.

Un nouveau récepteur original à grand écran

Dans les récepteurs d'amateurs, la projection se fait généralement sur écran transparent : le tube cathodique est vertical, et un miroir à 45° renvoie les rayons dans une direction horizontale.

Le tube employé par la Société R. C. A. pour établir un récepteur d'appartement est un kinescope (1) de projection de 127 mm de diamètre, monté verticalement. L'image est agrandie par un objectif d'une ouverture de F : 2 et renvoyée par un miroir sur un écran translucide escamotable de 34 × 45 cm (fig. 7).

Le dernier modèle réalisé par cette firme puissante est particulièrement original. Il comporte un tube de 75 mm de diamètre seulement, disposé verticalement, avec un écran dirigé vers le bas. On n'utilise plus d'objectif de projection à grande ouverture, dispositif optique coûteux, et le grossissement est obtenu par un miroir sphérique de 30 cm de diamètre placé au bas de

(1) Voir : " La télévision sur grand écran " (*Science et Vie*, n° 267, septembre 1939).

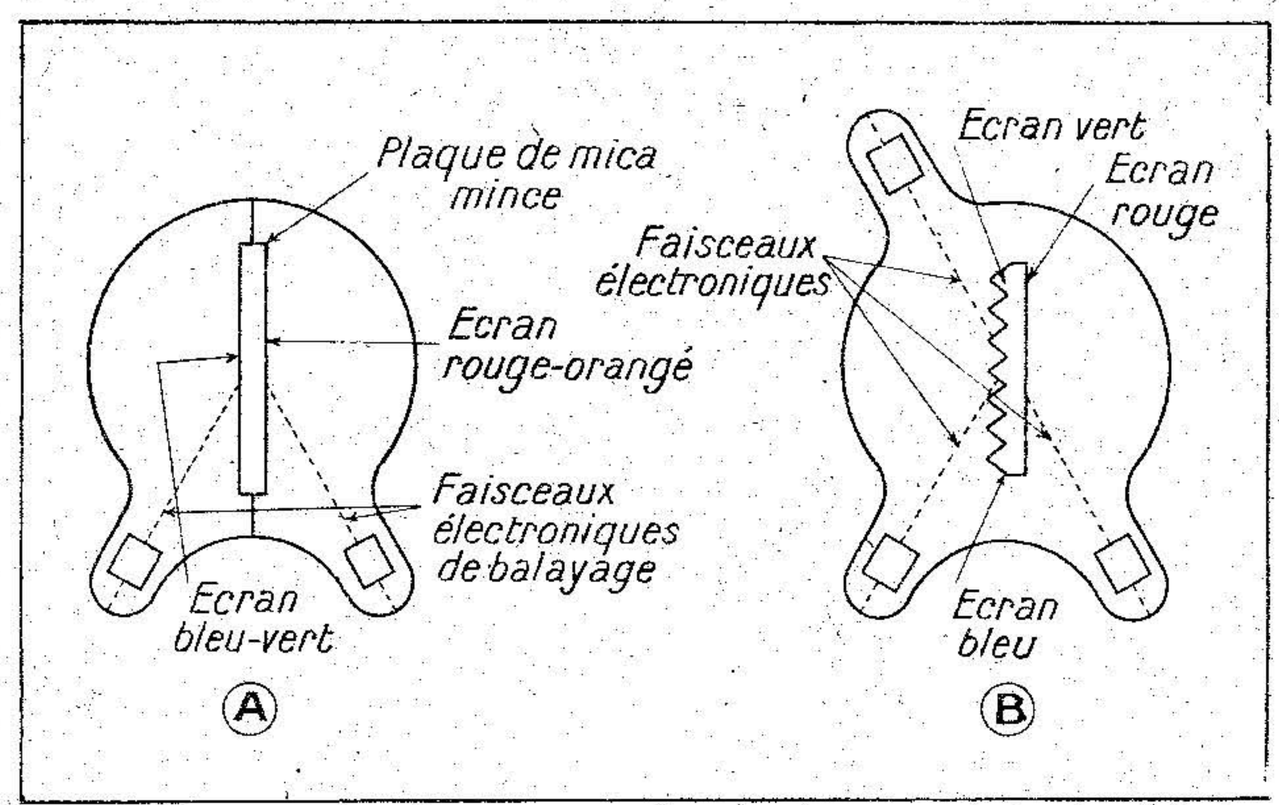


FIG. 9. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU « TÉLÉCHROME BAIRD »

Ce tube cathodique réalisé en Angleterre permet la réception des images en couleurs par la méthode bichrome (en A) ou trichrome (en B). Il comprend deux ou trois dispositifs de balayage électronique, et un écran transparent portant des enduits fluorescents de deux ou trois couleurs élémentaires. L'image en couleurs est observable directement sur cet écran.

l'ébénisterie, au-dessous de l'écran du tube, et dont la partie centrale est masquée. Les rayons cathodiques sont donc réfléchis vers le haut, et, après avoir été renvoyés par un miroir à 45°, viennent former l'image agrandie sur un écran vertical translucide de 60 × 45 cm (fig. 8).

Le miroir sphérique provoque des distorsions par aberrations de sphéricité. Pour les faire disparaître, on emploie une lentille correctrice, traversée par le col cylindrique du tube ; cette lentille, de forme exactement déterminée, est moulée à haute pression. Elle n'est pas en verre, mais en matière plastique transparente, ou verre organique « plexiglas », ce qui permet d'abaisser beaucoup le prix de revient. L'éclairement de l'image est de l'ordre de 80 à 90 lux, c'est-à-dire égal ou supérieur à celui obtenu dans la projection cinématographique d'amateur.

Le « téléchrome » et la télévision en couleurs

Le problème de la télévision en couleurs continue à être étudié avec attention, en particulier en Angleterre. Le but recherché consiste à établir un procédé de réception uniquement électronique, et à éviter, si possible, l'emploi de filtres colorés, qui déterminent des pertes de lumière.

J.-L. Baird a établi récemment dans ce but un nouveau tube cathodique, auquel il a donné le nom de *téléchrome*. Cet appareil permet de faire apparaître directement une image en couleurs sur un écran fluorescent ; il en existe un modèle pour la restitution des couleurs naturelles par la bichromie, et un autre pour la méthode trichrome.

Le premier comporte une plaque plane en mica, de 25 cm de diamètre, recouverte d'un côté d'une poudre fluorescente rouge orangé et, de l'autre, d'un enduit fluorescent bleu vert. Deux faisceaux électroniques distincts viennent former les images élémentaires du couple bichrome, qui s'additionnent en reconstituant une image en couleurs naturelles (fig. 9 A).

Dans le deuxième modèle, l'écran est plan, enduit d'un côté d'un composé fluorescent rouge, comme précédemment, mais l'autre face est ondulée. Les dents de scie ainsi produites en forme de triangles isocèles sont enduites respectivement de composés fluorescents vert et bleu. Trois pinceaux électroniques distincts sont utilisés, l'observation doit se faire face à l'écran, mais l'image peut être renvoyée par un miroir à 45° (fig. 9 B).

Ce tube permet aussi d'obtenir une vision stéréoscopique par la méthode des anaglyphes, avec des lunettes munies de verres bleu vert et rouge orangé.

Les méthodes industrielles actuelles permettent ainsi la transmission régulière d'images de télévision en noir, et même en couleurs à domicile, du moins dans les centres urbains. Le problème actuel semble plutôt résider dans l'utilisation rationnelle et complète des moyens techniques dont on peut disposer dans un avenir immédiat.

La télévision en France

Avant la guerre, il n'y avait eu en France que des émissions d'essai, comportant cependant des prises de vues directes au studio, des transmissions de films d'actualité et de documentaires. Un studio expérimental et un poste émetteur en fonctionnement régulier étaient établis à Paris (Tour Eiffel), de sorte que ces essais étaient spécialement destinés aux constructeurs et aux usagers parisiens. En province, il n'y avait guère eu que des démonstrations temporaires, spécialement au cours d'expositions ou de foires régionales.

La longueur d'onde adoptée pour les émissions de la Tour Eiffel était de 6,52 m, ce qui correspondait à une fréquence de 46 Mc, et les sons destinés à accompagner les images étaient diffusés également sur ondes courtes, sur une longueur d'onde de 7,14 m, correspondant à une fréquence de 42 Mc. La *trame d'analyse* déterminant, comme nous l'avons dit, la *qualité* de l'image était déjà élevée, puisqu'elle avait été fixée entre 440 et 445 lignes. Alors que les projections cinématographiques sonores s'effectuent à la cadence de 24 images par seconde, les images télévisées étaient transmises avec une cadence de 25 images complètes, mais suivant le procédé dit à « analyse entrelacée » (1). Ce procédé permet d'éviter le scintillement en analysant une fraction d'image à la fois au lieu de l'image complète. On transmettait ainsi 50 demi-images entrelacées par seconde, ce qui correspondait à 25 images complètes, et le format de l'image, rapport de la largeur à la hauteur, était de 5 × 4.

Le standard adopté n'était pas définitif, puisqu'il s'agissait uniquement d'émissions d'essais, et plusieurs constructeurs avaient reçu l'autorisation d'expérimenter leur matériel dans des conditions différentes. La Compagnie des Compteurs, dont les services techniques étaient sous la direction de M. Barthélemy, procédait

(1) Voir : " Les progrès de la télévision " (*Science et Vie*, n° 292, décembre 1941).

à l'émission avec une trame de 450 lignes, la Compagnie Thomson-Houston, en liaison avec la Compagnie Marconi, avait adopté 455 lignes, et la Compagnie Grammont le standard allemand de 441 lignes.

La télévision française pendant la guerre

Ces essais furent interrompus par la guerre en septembre 1939 ; en 1943 seulement, les services de la radiodiffusion du Gouvernement de Vichy s'entendirent avec les autorités allemandes pour organiser des émissions de télévision à Paris, d'après le standard de 441 lignes.

L'ancien poste émetteur de la Tour Eiffel devait être utilisé avec des modifications : les studios du ministère des Postes et Télégraphes, rue de Grenelle, étaient remplacés par des installations entièrement nouvelles dans les locaux de « Magic City », rue Cognacq-Jay, dans le quartier du Champ de Mars.

Ces émissions imparfaites et irrégulières, au taux de synchronisme variable, n'eurent qu'un succès restreint, le public français ne témoigna aucun intérêt pour ces diffusions contrôlées par l'ennemi. Elles permirent pourtant à quelques constructeurs de commencer des études utiles. Des laboratoires privés, des chercheurs isolés, des services de grandes sociétés telles que la Compagnie des Compteurs, la Radio-Industrie, les Etablissements Grammont, la Société S. A. D. I. R. pouvaient entreprendre, pendant ce temps, des recherches techniques d'un grand intérêt.

La télévision française depuis la Libération

Au moment de la Libération, les services allemands abandonnèrent une partie de leur matériel, mais déjà ancien et sans grande valeur. Par contre, ils détruisirent l'émetteur de la Tour Eiffel ; il a donc fallu songer à la reconstruction presque complète sur des bases nouvelles.

Les nouveaux services de la Radiodiffusion semblent décidés à faire tous les efforts utiles pour assurer à la télévision française une place honorable dans le monde, et des sommes importantes ont été prévues, à cet effet, dans les budgets. L'installation d'un centre expérimental à Paris a commencé en 1944, mais les émissions n'avaient pu avoir lieu par T. S. F., par suite de l'absence d'émetteurs, et pour des raisons d'ordre militaire, valables tant que duraient les hostilités. Elles ont maintenant commencé suivant le standard de 1939 signalé un peu plus haut, bien que les programmes ne soient pas encore fixés d'une manière définitive.

Les émissions expérimentales doivent être plus ou moins limitées à la région parisienne, et le plan d'extension du réseau peut être envisagé de deux façons différentes. Les uns veulent avant tout obtenir, le plus tôt possible, des réalisations, et, à cet effet, désirent utiliser, *dès à présent*, les moyens techniques et industriels qui sont à leur disposition, en se contentant de transmettre des images d'une qualité correspondant à la définition actuelle de 441 lignes ; les autres veulent attendre l'établissement d'appareils permettant la transmission d'images *à très haute définition*, de l'ordre de 1 000 lignes, pour réaliser l'équipement national. Dans les deux cas, dès l'adoption d'un standard, le pays entier doit être couvert, si possible, par des émissions d'images. Le développement du réseau doit pourtant être progressif et demandera un certain nombre d'années. On commencera par équiper les régions urbaines, où la densité de population est la plus grande, et les premiers projets envisagés concernent les villes de Lille, Lyon, Marseille et Bordeaux.

La liaison entre ces différents centres d'émission doit, en principe, être assurée par *relais radioélectriques*, c'est-à-dire avec des postes émetteurs de retransmission, rendus nécessaires si l'on doit considérer des émissions sur ondes très courtes, dont la fréquence atteint 40 à 60 Mc au minimum.

Au début, la durée des émissions sera réduite. Avant la guerre, il y en avait déjà quatre heures par jour ; les émissions actuelles n'auraient lieu que trois jours par semaine, avec deux séances quotidiennes d'une heure et demie, soit trois heures au total. Pour des raisons matérielles faciles à comprendre, les transmissions de télécinéma seraient, au début, plus nombreuses que les émissions directes.

La télévision aux États-Unis

Les États-Unis tenaient avant la guerre la première place en télévision comme en radiophonie ; ils sont entrés plus tard dans le conflit mondial, et les hostilités n'ont pas interrompu

FIG. 10. — L'INVENTEUR ANGLAIS BAIRD TENANT SON TUBE « TÉLÉCHROME » POUR LA RÉCEPTION DES IMAGES EN COULEURS (JOURNAL OF THE TELEVISION SOCIETY)

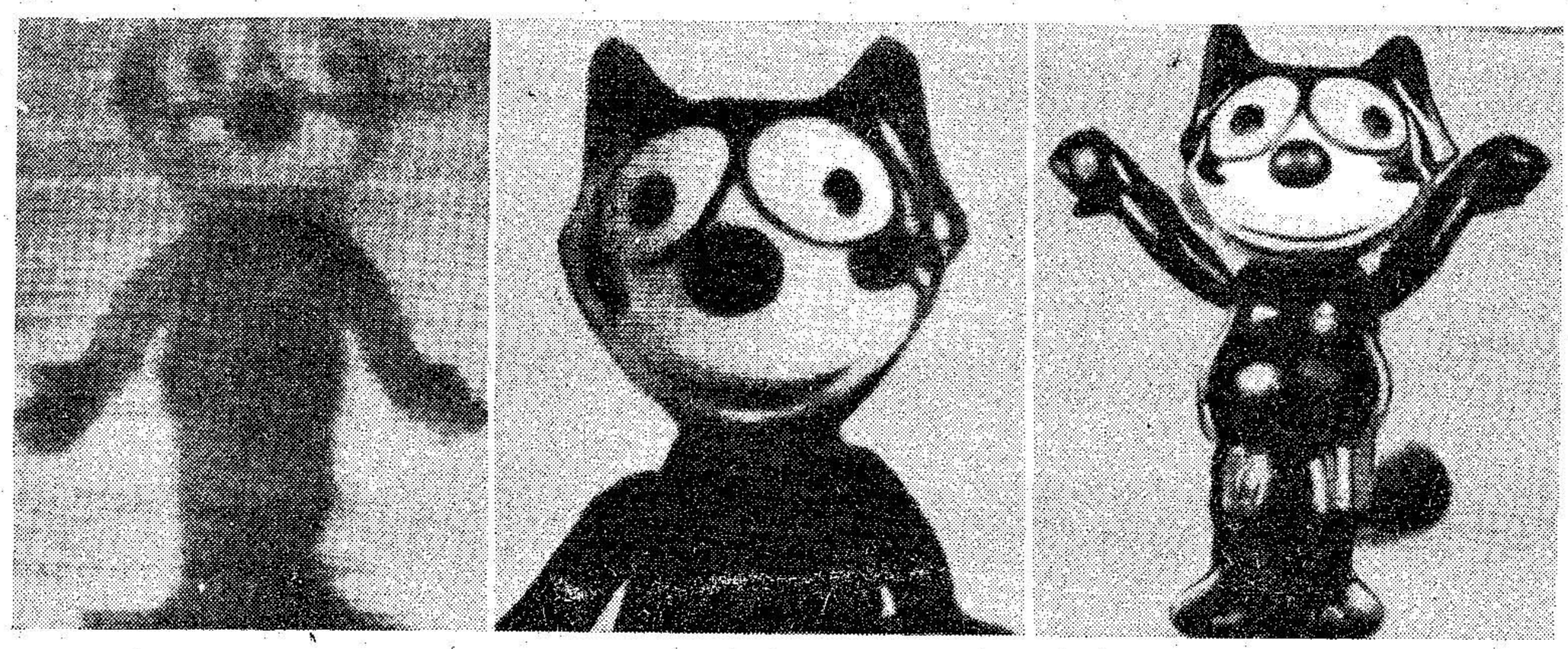


FIG. 11. — LES PROGRÈS DE LA TÉLÉVISION AMÉRICAINE DEPUIS 1929

La définition, c'est-à-dire la finesse des images, n'a cessé de s'accroître. Les étapes de ces progrès sont représentées par les vues du populaire « Félix le Chat » observées sur l'écran. A gauche, l'analyse à 30 lignes ne permet d'apercevoir qu'une image grossière ; au milieu, avec l'analyse à 60 lignes, la trame du lignage est encore très visible ; à droite, enfin, avec l'analyse à 525 lignes, la trame est devenue complètement invisible.

leur activité industrielle, qui a pris des proportions gigantesques. Les spécialistes espèrent que cette nouvelle application de la radiotechnique pourra procurer un travail rémunérateur à plus de 600 000 techniciens et ouvriers.

Le premier service de radiodiffusion d'images aux Etats-Unis date de 1927, et la qualité des premières transmissions était très imparfaite, avec une trame de 30 à 60 lignes. Avec l'avènement des procédés cathodiques, une nouvelle phase de ce développement commença en 1933. En 1925, Zworykin déposa les premiers brevets relatifs à son *iconoscope* qui devait constituer la pierre angulaire de la télévision moderne. Cet appareil était expérimenté en 1932 et utilisé normalement en 1935.

En 1934, commencèrent les premières transmissions à *haute définition*, avec un standard de 343 lignes, cadence de 24 à 30 images par seconde, et analyse par lignes entrelacées atténuant le scintillement. Le standard de 343 lignes était porté à 441 lignes en 1937, à 507 en 1940, à 525, enfin, en 1941 (fig. 11).

Les premières émissions n'occupaient qu'une bande de fréquence de l'ordre de 100 kc. La largeur de cette bande s'éleva rapidement à 400, puis à 1 800 kc, atteignit 5 Mc et fut standardisée à 6 Mc en 1941. La longueur d'onde des émissions, d'abord de l'ordre de 150 m, devait être abaissée à 7 m, puis à 6 m et même 5 m environ (50 à 60 Mc). Les sons accompagnant les images étaient transmis sur des longueurs d'onde analogues, avec modulation en fréquence (1).

La télévision américaine au moment de la guerre

Les premières émissions réellement commerciales datent de 1939, au moment où furent télévisées quotidiennement les principales scènes de la « World's Fair » de New York. Là, pour la première fois, on avait pu voir en action des stations de télévision mobiles installées sur des automobiles et servant à des reportages visuels et sonores. Le réseau de la National Broadcasting Company transmit régulièrement en 1940 des programmes réguliers (pendant plus de 600 heures avec, en outre, 800 heures d'émissions expérimentales).

Le nombre des récepteurs en service était déjà élevé ; ils étaient concentrés dans les grands centres urbains autour des stations d'émission de New York, Philadelphie, Chicago, Los Angeles. Six mille familles auraient, dès cette époque, possédé des récepteurs dans la région de New York. Les dimensions des images reçues par les appareils d'amateurs étaient de l'ordre de 20 × 25 cm, et certains modèles possédaient même des écrans de 34 × 45 cm.

Il existait six studios modernes bien agencés, et celui de la General Electric Company à Schenectady par exemple, mesurait 12 × 24 m.

Les antennes des stations de transmission étaient placées au sommet de tours ou de bâtiments élevés, par exemple, à New York, sur les toits de l'Empire State Building, ou du Chrysler Building, les deux plus hauts gratte-ciel de la ville (fig. 12).

Deux modes de diffusion étaient prévus pour étendre le champ de réception à une assez grande partie du pays, en utilisant des stations centrales. Les premiers essais montraient la possibilité d'utiliser des stations-relais à fonctionnement automatique, avec changement de fréquence intermédiaire. La retransmission est alors effectuée sur une longueur d'onde de quelques mètres, ou même de quelques décimètres. L'autre solution consiste dans l'établissement d'un réseau de *câbles concentriques* ou *coaxiaux* permettant la transmission de très hautes fréquences. Les deux armatures du câble coaxial peuvent être remplacées par un tube-guide unique, avec un résultat encore supérieur pour les très hautes fréquences. Ce procédé a été préconisé et appliqué initialement par les Laboratoires téléphoniques Bell, qui ont réalisé, entre New York et Philadelphie, la première liaison de ce genre, sur une distance de 160 km.

La *télévision en couleurs* était aussi à l'ordre du jour. La « Commission Fédérale des Communications » pouvait envisager la composition de

(1) Voir : " Les tendances de la radiodiffusion " (*Science et Vie*, n° 309, mai 1943).

programmes de diffusion en couleurs et recommandait l'adoption d'un minimum de 15 heures par semaine pour ce genre d'émissions.

L'entrée en guerre de l'Amérique interrompit les émissions officielles, mais les transmissions d'essais continuèrent, et de nombreux reportages d'actualité furent diffusés, en même temps que des cours visuels destinés à l'instruction des spécialistes et du grand public, en particulier en ce qui concerne la défense passive (A. R. P.).

Projets et avenir de la télévision américaine

Il y avait, aux États-Unis, en 1945, 9 stations en fonctionnement régulier, sur des fréquences allant de 50 à 74 Mc, avec une bande de brouillage standard de 6 Mc, mais 80 demandes de licence pour l'installation de nouvelles stations étaient déposées, et la progression continue à être rapide.

On prévoit l'établissement de 40 stations au minimum d'ici le milieu de 1946, et de 100 stations en 1950. La partie du pays où l'on peut déjà recevoir les émissions actuelles comprend 20 millions d'habitants ; elle en comportera 30 en 1946, et 70 en 1950.

L'American Telephone and Telegraph Company a mis au point un projet gigantesque de liaison par câbles concentriques, qui doit être réalisé en 1950, et prévoit l'utilisation de 11 000 km de câbles spéciaux de 15 mm de diamètre en tubes concentriques.

La liaison par chaîne de relais à ondes ultracourtes dites *sky-top* (cimes dans le ciel) conserve ses partisans ; les stations automatiques sont établies avec des tours de 60 m de haut et distantes de 30 à 50 km l'une de l'autre ; on aurait même pu essayer des relais à des distances supérieures à la visibilité optique. Ces tours sont munies d'*antennes cornets* servant de réflecteurs de réception et d'émission ; la puissance nécessaire est de l'ordre de quelques watts. La Société Raytheon a étudié ainsi un projet complet de réseau qui doit couvrir tout le territoire en utilisant les principales hauteurs du pays. Ce réseau serait également employé pour la télévision en couleurs, la transmission de fac-similés, et le guidage radioélectrique des avions.

Enfin, tout dernièrement, on a préconisé de placer l'antenne d'émission non plus au sommet d'une tour, mais à bord d'un avion stratosphérique survolant le studio d'émission et servant de relais. Le rayon d'action de l'antenne de télévision, qui est limité par la courbure de la Terre, se trouverait ainsi notablement augmenté. Un poste qui ne couvre qu'un rayon de 80 km quand il est installé au sommet du plus haut gratte-ciel aura, à 10 000 m d'altitude, un rayon de 340 km.

D'un avion stratosphérique à un autre, la portée sera de 650 km environ. Avec 14 avions stratosphériques on pourrait réaliser une chaîne couvrant la majeure partie du territoire des États-Unis (Voir la fig. page 226).

Reste évidemment à assurer la régularité et la sécurité du survol de la station. Les appareils prévus sont des monoplans métalliques du type « Superfortress », mais beaucoup moins chargés. Munis de deux moteurs de 1 450 ch et pilotés automatiquement, ils tourneraient en rond à 250 km/h en portant trois hommes d'équipage et six techniciens de la radio.

Les techniciens américains se préoccupent également de l'adoption possible d'une trame d'analyse encore plus fine, de l'ordre de 700 à 1 000 lignes. Mais, les industriels d'outre-Atlantique ont l'esprit pratique, ils considèrent peu la beauté technique d'une solution en elle-même, mais plutôt son *efficience* immédiate. Il est donc fort probable que le développement prochain de la télévision américaine s'effectuera avec le standard actuel de 525 lignes, ou, tout au moins, sans modification notable.

De nombreux constructeurs envisagent la fabrication rapide de récepteurs en grande série, dont les prix varieraient entre 150 et 400 dollars, suivant les dimensions de l'image.

Les programmes de télévision américaine

La télévision est avant tout un moyen d'information et de distraction, mais les Américains en ont prévu, dès à présent, d'autres applications diverses. Elle peut accroître l'efficacité d'un enseignement par radiophonie, en particulier pour la géographie, les mathématiques, la physique et toutes les sciences expérimentales. Cette application est dès à présent décidée, avec des salles de diffusion centrales, dans lesquelles viendront enseigner des professeurs qualifiés.

Les émissions de télévision destinées à la police, exécutées depuis octobre 1943, rendent

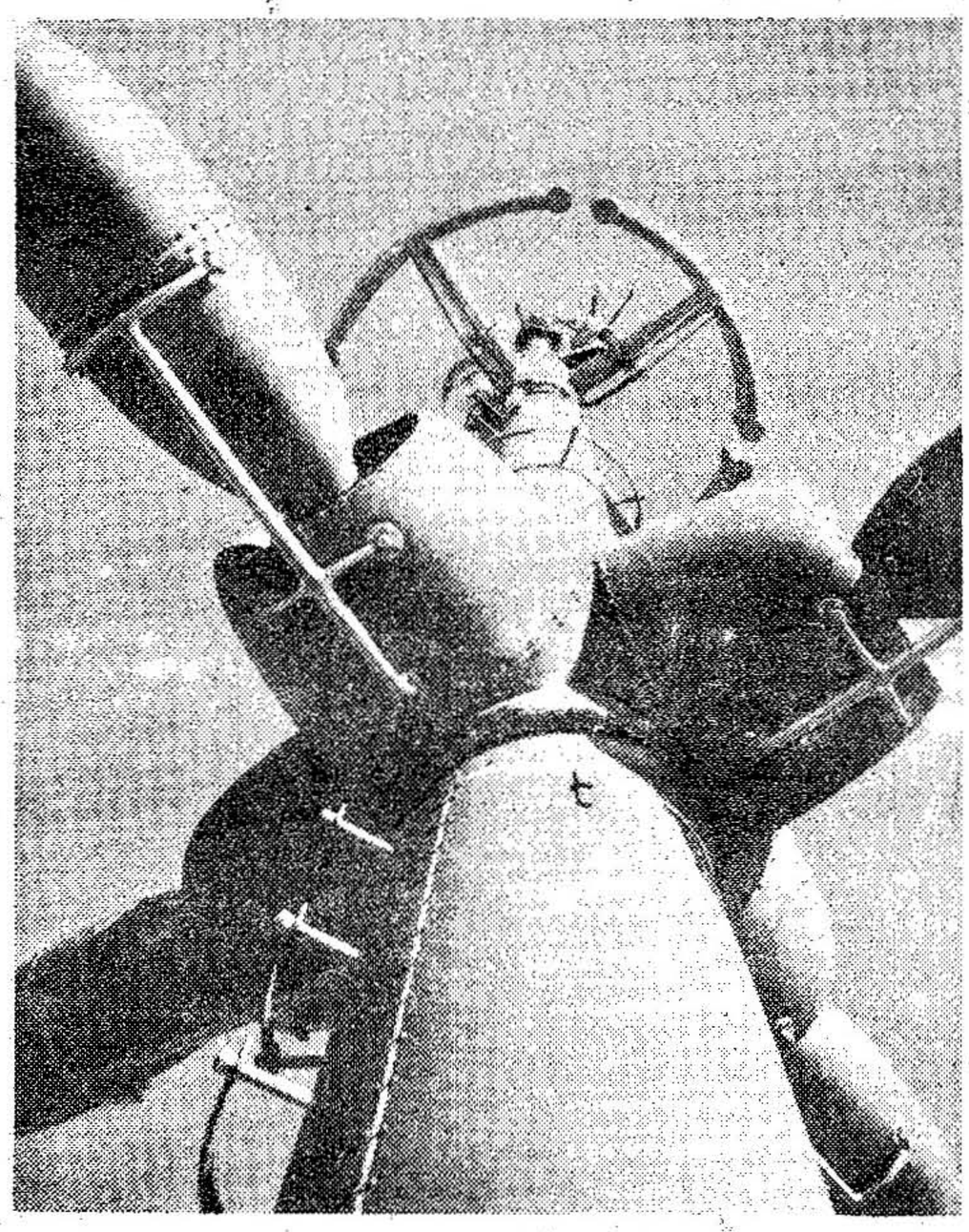


FIG. 12. — L'ANTENNE DE TÉLÉVISION DE LA NATIONAL BROADCASTING COMPANY (NEW YORK)

En raison de la très courte longueur d'onde adoptée qui donne à l'onde porteuse des propriétés voisines de celles de la lumière (propagation en ligne droite), les antennes des postes d'émission de télévision doivent être placées à une très grande hauteur. L'antenne du poste émetteur de la National Broadcasting Company à New York est montée au sommet de l'Empire State Building, gratte-ciel le plus élevé de la ville, qui comporte cent deux étages (O. W. I.).

les plus grands services. La recherche par radiophonie des disparus devient plus facile, grâce à la diffusion de leur photographie.

Pendant la guerre, la télévision a été utilisée pour le guidage des torpilles volantes et des avions et le repérage des objectifs. On projette d'employer des appareils émetteurs et récepteurs dans les réseaux d'aviation civile, pour le contrôle de la circulation automobile, et de l'aviation maritime, la commande à distance des machines dans les usines, dont le fonctionnement peut présenter des dangers, la fabrication et l'essai des explosifs, par exemple.

L'alliance de la télévision avec le cinématographe a été tout spécialement étudiée, et les grandes sociétés cinématographiques américaines ont étudié la production de films destinés spécialement aux diffusions télécinématographiques, et construit des stations privées servant à des essais.

La télévision en Angleterre

L'Angleterre est un des pays d'Europe où le développement de la télévision a été le plus important et le plus effectif, et l'on peut sans doute y considérer également deux phases bien distinctes. La première, de 1926 à 1933, est à peu près marquée uniquement par les essais de l'inventeur J.-L. Baird ; la deuxième, à partir de 1933, peut être appelée la *période cathodique*, dans laquelle Baird commence à utiliser des cameras et des récepteurs électroniques, et où l'on voit apparaître un assez grand nombre de procédés divers, en particulier les curieux dispositifs à cellules ultrasonores étudiées par la Société Scophony et déjà décrits dans cette revue (1).

Les premières émissions de Baird étaient effectuées sur 30 lignes seulement, la trame était portée à 60 lignes en 1930, puis à 120 lignes ; des émissions à haute définition commencèrent en 1936, avec une trame de 240 lignes.

En 1939, au moment de la guerre, le standard d'émission était de 405 lignes, avec une largeur de bande de modulation de 4 Mc. La longueur d'onde était de 6,67 m pour l'image et de 7,30 m pour le son. Le Centre de « l'Alexandra Palace », à Londres, comportait deux grands studios, avec six cameras électroniques et deux ensembles mobiles de reportage, munis chacun de quatre camions.

La télévision en couleurs était spécialement étudiée, et les premiers essais de Baird sur ce problème datent de 1928. En 1939, les appareils de télévision en couleurs employés par cet inventeur fonctionnaient avec une trame de 102 lignes à entrelacement triple, avec cadence de 16 2/3 images par seconde.

Baird a également étudié depuis longtemps le problème de la *télévision en relief*, soit avec un couple stéréoscopique et un système d'obturateurs, soit par le procédé des anaglyphes.

L'arrêt des émissions officielles, les destructions causées par les bombardements de Londres ont eu de graves répercussions sur les possibilités de reprise immédiate de l'activité de la télévision anglaise ; les techniciens et les industriels envisagent maintenant les meilleurs moyens de lui rendre son importance d'avant guerre. Ils ont constitué un Comité, le « Television Advisory Committee », et le « British Institute of Radio Engineers » s'est aussi consacré à l'étude de cette question.

Les partisans de la télévision à définition limitée, de l'ordre de 400 à 500 lignes, sont demeurés très nombreux. Il serait seulement question d'adopter une norme de 525 lignes, avec une seule bande de modulation latérale de 3,25 Mc.

Les installations d'émission et les studios resteraient concentrés à Londres, à l'Alexandra Palace, où serait établie une véritable « Maison de la Télévision ». Les programmes seraient diffusés par un réseau de câbles concentriques, vers les régions de Manchester, Newcastle, Glasgow, Aberdeen et Birmingham. Une nouvelle station à très haute définition serait cependant installée dans cette dernière ville, mais uniquement à titre expérimental. Des émissions en couleurs seraient réalisées avec un standard à 600 lignes à triple entrelacement, et l'image en couleurs élémentaires comprendrait alors 200 lignes.

La possibilité d'établir en série des appareils de prix relativement modique de l'ordre de 20 à 75 livres est un facteur effectif de développement. L'image normale d'amateur doit mesurer quelque 20 × 25 cm, mais la projection sur écran de 50 × 75 cm est immédiatement prévue.

Pour la plupart des pays, la guerre a retardé de quelques années l'entrée de la télévision dans la vie courante. Cependant les recherches théoriques effectuées pendant cette période pour des fins militaires, et qui ont développé nos connaissances sur l'émission et la propagation des ondes ultracourtes, seront certainement utilisées en télévision. Dans les années qui vont suivre, la télévision offrira certainement de vaste débouché aux usines en quête de « reconversion ».

Pierre HÉMARDINQUER.

(1) Voir : " La télévision sur grand écran " (*Science et Vie*, n° 267, septembre 1931) et " Vers la télévision en couleurs " (*Science et Vie*, n° 296, avril 1942).

ARTILLERIE ATOMIQUE

Numéro hors série de *SCIENCE ET VIE*

EN VENTE PARTOUT : 60 Fr.

ARMES NOUVELLES ET BOMBARDEMENT INTERCONTINENTAL

par Camille ROUGERON

Peu de guerres ont laissé autant que la dernière le sentiment général que la prochaine serait d'une tout autre nature et que les opérations auxquelles nous sommes accoutumés seront entièrement bouleversées par les armes apparues au cours des dernières années. Le bombardement d'un continent à l'autre est une éventualité fréquemment admise. S'il est possible, c'est que les armes telles que les V-1 et les V-2 sont encore susceptibles de très gros progrès. Quelques-uns de ces progrès sont examinés ci-dessous : simplification de la V-2, addition d'une voilure très peu développée, emploi d'explosifs plus puissants. Mais il semble bien que, malgré ces progrès, le concours de la marine et de l'aviation restera indispensable à des bombardements aussi lointains, du moins tant que l'énergie atomique ne sera pas d'usage général comme explosif et moyen de propulsion pour les engins de guerre.

Les armes nouvelles

Au lendemain de la guerre de 1914-1918, il était bien peu de spécialistes, et même de ces esprits novateurs qui ne se recrutent généralement pas parmi eux, pour croire que les matériels et les tactiques qui venaient de triompher ne méritaient aucune confiance et qu'ils étaient destinés à être détrônés aussi rapidement que les précédents. Les armées, les marines, les aviations se mettaient avec ensemble à « préparer la dernière guerre ». On allégeait un fusil-mitrailleur ou l'on augmentait la précision d'un mortier d'accompagnement, on échangeait quelques arguments académiques sur le détail des caractéristiques d'un « superdreadnought postjutlandien », on achevait les derniers avions en cours d'étude, et l'on ne doutait point que les combattants de la prochaine guerre ne reprissent ces questions au point où ceux de novembre 1918 les avaient laissées. Les anticipations du général Fuller sur la guerre mécanique, les affirmations de Fisher sur les flottes que l'avion condamnait à la ferraille, les thèses de Douhet sur le rôle du bombardement aérien commençaient à alimenter les revues militaires et la presse de grande information. Mais elles ne recueillaient certainement qu'un nombre infime d'adhésions parmi les intéressés. Il fallut plus de dix ans pour qu'apparût le premier avion avec moteur à compresseur, près de vingt pour que naquissent les divisions blindées, et aucune marine n'avait encore accepté en 1939 la condamnation portée contre un matériel qu'elle continuait à copier sur celui de 1918.

Au lendemain de cette guerre, l'état d'esprit des spécialistes rejoint au contraire celui du grand public et des novateurs les plus audacieux. Nul ne croit que les futures opérations reproduisent sans grands changements celles qui se déroulèrent pendant le premier semestre de 1945. Tous sont convaincus que les matériels, les tactiques, les stratégies particulières et générales vont subir un bouleversement dont nous venons d'observer seulement les prémices. Les débuts de la bombe au plutonium suffiraient à triompher des tendances les plus conservatrices.

Mais l'utilisation de l'énergie atomique n'est que la dernière d'une série de nouveautés à peine moins récentes, qui sont au fond l'aboutissement normal d'une application systématique de l'ensemble des techniques à l'art militaire. Ce progrès ne date que des toutes dernières années.

Assurément, les militaires et leurs constructeurs de matériel ont fréquemment fait appel aux nouveautés techniques pour améliorer leurs productions. En tous pays, on s'efforçait d'accueillir les inventions et de les susciter. La chimie de guerre en 1914-1918, le repérage des sous-marins par ultrasons, la détection électromagnétique des avions sont des exemples de cette application au domaine militaire de découvertes récentes. Mais ce n'est, semble-t-il, qu'après l'échec de ses campagnes d'Afrique et de Russie que l'Allemagne, désespérant de venir à bout des Alliés par le progrès régulier des armes habituelles, a fait une tentative grandiose de création d'armes nouvelles. Elle a été utilisée aussitôt sur le plan de la propagande, pour soutenir un moral défaillant par l'espoir des « armes secrètes » qui devaient retourner une situation militaire compromise.

Dans les premières années de la guerre, l'Allemagne ne s'était pas spécialement distinguée par ses nouveautés techniques ; il n'est guère que le domaine de la mine sous-marine où elle soit intervenue avec succès. On doit porter la même appréciation sur la technique américaine, malgré sa qualité incontestée et son triomphe récent avec la bombe atomique. Les nouveautés les plus intéressantes venaient alors de la technique britannique (radar, bombes incendiaires de toute sorte, draguage magnétique et acoustique...).

Au contraire, pendant les dernières années de guerre, il faut bien reconnaître la qualité et le nombre des armes nouvelles mises en service en Allemagne. Bombes-fusées et bombes planantes dirigées, projectiles de perforation de types variés, artillerie sans recul, avions-fusées, avions à réaction, torpilles électriques sans sillage, V-1, V-2 ne sont que quelques-unes des réalisa-

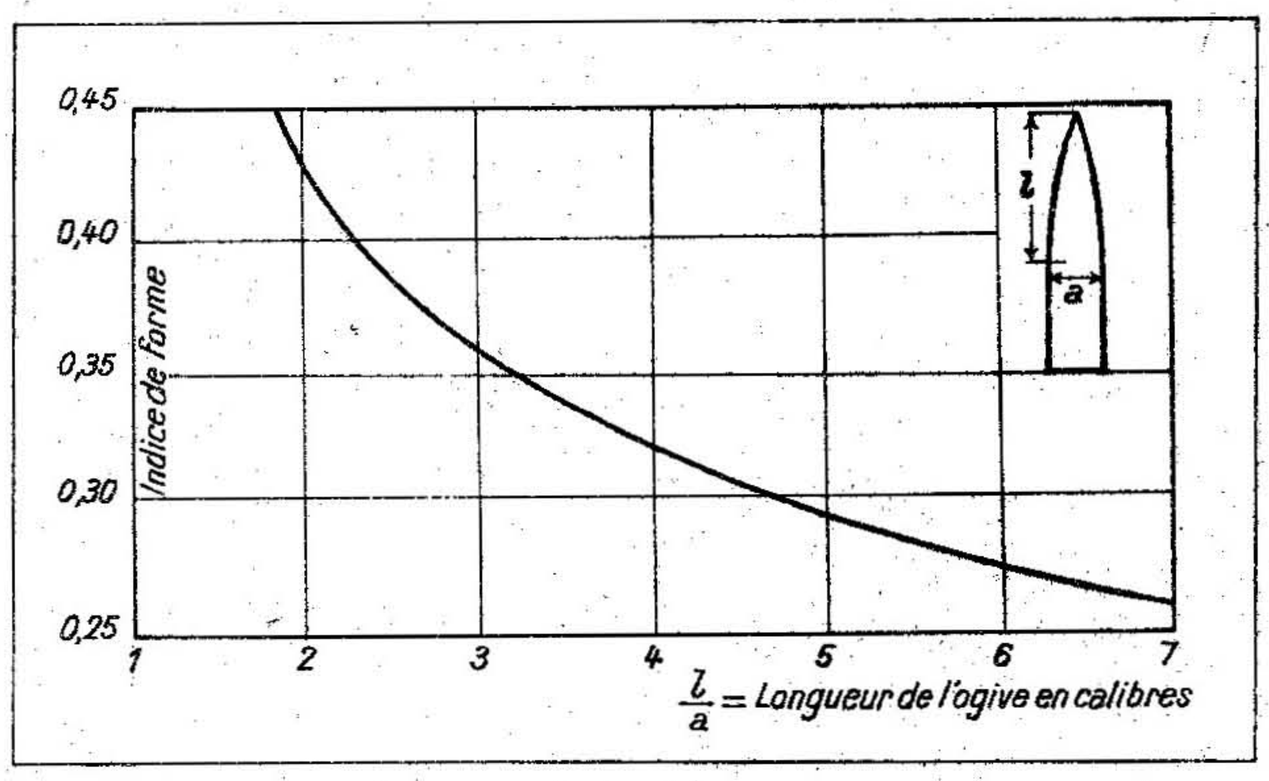


FIG. 1. — VALEUR DE L'INDICE DE FORME DES PROJECTILES

Aux vitesses supersoniques, la résistance aérodynamique dépend essentiellement de l'affinement des formes avant, et, à un degré moindre, des formes arrière. La courbe ci-dessus donne en fonction de la longueur d'ogive en calibres la valeur de ce qu'on appelle « l'indice de forme », qui chiffre le rôle des formes dans la résistance. Cet indice ne descend guère au-dessous de 0,25 pour des projectiles d'excellent tracé, sans empennage ni aspérités, pour des longueurs d'ogive de 7 calibres très rarement atteintes pour des raisons de stabilité dans le tir en canon rayé. Le rôle essentiel de la longueur d'ogive explique l'extrême allongement des V-2, qui diminue à la fois le maître-couple du projectile à poids donné et, par l'indice de forme, sa résistance à maître-couple donné. A partir de la valeur de l'indice de forme donnée par la courbe, la figure 2 permet de calculer les portées sous 45°, en fonction des autres caractéristiques du projectile.

tions de première classe qui auraient pu faire pencher la balance en faveur du pays qui les inaugurait, ou les portait à ce degré d'avancement, s'il n'y avait pas eu une telle disproportion entre les deux adversaires sur le plan des ressources naturelles, de la population, de la situation géographique. Mais, si la conclusion de la guerre ne pouvait pas être différente, de combien n'aurait-elle pas été retardée si les V-2 étaient nées deux ans plus tôt, ou si l'Allemagne avait sorti la bombe atomique avant les Alliés ?

L'examen des très nombreux centres d'études disséminés dans toute l'Allemagne a montré que l'énumération précédente, qui se rapporte aux engins mis en service, ne représentait qu'une fraction de ceux sur lesquels on travaillait fiévreusement aux derniers jours de la guerre. Quelques-uns allaient sortir, dont les commandements américain et britannique ont signalé alors la découverte. Elle a précisé les renseignements que l'on possédait déjà sur ce rayon de l'activité militaire allemande et incité les Alliés à pousser leurs recherches parallèles. C'est à ce domaine nouveau que se rapportent les prophéties du général Marshall dans son rapport du 10 octobre 1945 : « La bombe atomique n'est pas la seule des grandes découvertes qui rendent si terrifiante la perspective d'une guerre future. Les progrès réalisés dans les domaines de l'aviation, des fusées et de l'électronique sont presque incroyables... Les conceptions de l'imagination la plus déréglée ne nous mèneraient pas loin de la réalité si nous voulions deviner l'avenir. »

Le bombardement à très grande portée

A plusieurs reprises, pendant le bombardement de l'Angleterre par les V-1 et les V-2, la propagande allemande avait menacé les États-Unis d'armes du même type, mais à portée accrue. Le côté sérieux de cette éventualité a été reconnu par de nombreuses personnalités américaines officielles, et figure même dans les motifs donnés en faveur du projet de loi sur la préparation militaire obligatoire présenté par le président Truman. Y a-t-il dans cette perspective autre chose qu'un argument à l'usage de militaires qui veulent conserver toute son importance à la mission de défense qui leur est confiée, et l'ère du bombardement intercontinental est-elle vraiment ouverte ?

Contre les objectifs situés en Angleterre, puis en Belgique (Anvers), et quelle que soit l'incertitude sur l'emplacement des postes de lancement, il ne semble pas que les V-1 et les V-2 aient été tirées à plus de 350 kilomètres. Le tir d'Europe en Amérique suppose des progrès considérables.

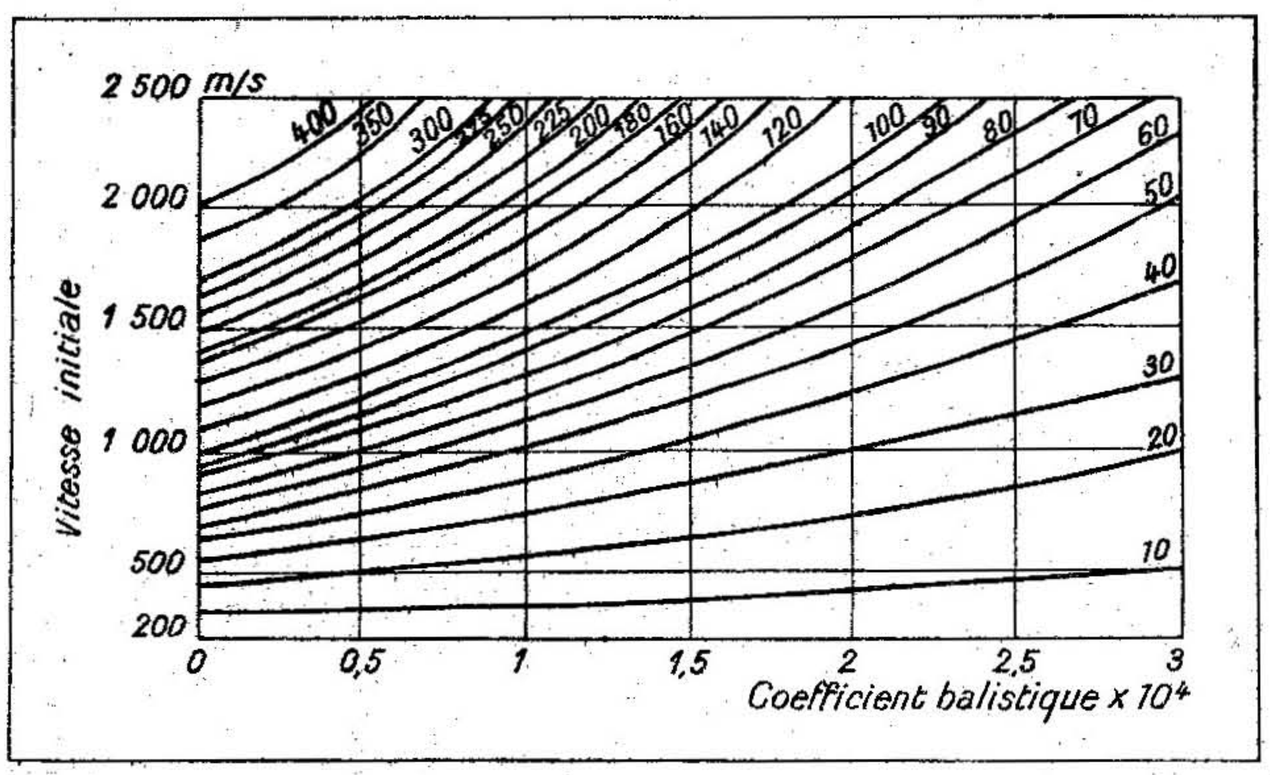


FIG. 2. — PORTÉE DES PROJECTILES À 45°

La portée d'un projectile dépend non seulement de la vitesse initiale et de l'angle de tir, mais encore de sa forme, de son calibre et de son poids. Il se trouve que l'effet de ces trois derniers facteurs se résume en celui d'un « coefficient balistique » produit : d'un « indice de forme » qu'on peut apprécier approximativement d'après la figure 1 et qu'il est prudent de ne pas escompter inférieur à 0,22 ; du carré du calibre, en mètres ; de l'inverse du poids, en kilogrammes, et d'un facteur 1,208 qui représente la densité conventionnelle de l'air au sol en kilogrammes par mètre cube. C'est ainsi qu'un projectile de 210 mm, pesant 140 kg et d'indice de forme 0,30 aurait un coefficient balistique égal à 0,3 × 0,21² × 140 × 1,208 = 0,000 114. Le réseau de courbes ci-dessus montre que sa portée, sous 45° et à 1 600 m/s, serait de 108 km. Ce sont approximativement les caractéristiques des projectiles reçus sur Paris en 1918 ; la portée était plus élevée grâce au relèvement de l'angle de tir dont la valeur optimum est donnée par la figure 10.

S'ils sont réalisables dans un court délai, c'est donc que les solutions admises par les techniciens allemands n'étaient pas très heureuses.

Il paraîtra peut-être osé de critiquer des armes qui ont indéniablement remporté un certain succès, et que les techniciens allemands ont au moins le mérite d'avoir réalisées les premiers. Mais il est rare qu'en des questions de cette importance la meilleure solution apparaisse toujours dès le début. Quelques années après les premiers vols des frères Wright, nul ne songeait plus au pylône de lancement ou au gauchissement.

On trouvera un excellent exemple de ces erreurs initiales dans cette même question du bombardement à longue portée, lorsque l'armée allemande avait cru trouver sa solution dans le canon. Le tir sur Paris, en 1918, à 120 km de distance, alors que les grosses pièces sur voie ferrée n'avaient pas encore dépassé les 40 km, fut en son temps une innovation aussi importante que le bombardement de l'Angleterre en 1944. Puis on s'aperçut que les projectiles n'étaient guère efficaces et que les pièces s'usaient très vite. Tout bien pesé, le résultat ne payait pas, et les techniciens allemands durent bien le reconnaître, puisqu'ils ne reprirent pas, en 1940, le bombardement de l'Angleterre sur ces principes.

Les « Berthas », construites à partir de tubes de 380 mm chemisés en 210 mm, tiraient à très forte pression et très grande vitesse un projectile de calibre faible eu égard à leur puissance. Pour résister à cette pression, les parois du projectile devaient être très épaisses et ne laissaient pas assez de place à l'explosif ; l'efficacité s'en ressentait. Quant au tube, la pression qu'il avait à supporter lui convenait encore moins ; il était usé après quelques dizaines de coups. Le tir des Berthas était un luxe plus onéreux pour le tireur que pour son adversaire.

Les techniciens de 1918 étaient passés à côté de la solution. Le tir économique à grande portée réclamait non pas le moyen calibre et la très forte vitesse initiale, mais le très gros calibre qui s'accommode d'une vitesse initiale moindre et permet donc les teneurs en explosif élevées et les usures acceptables. L'artillerie allemande a fini par s'en apercevoir, et, après avoir utilisé contre les forts de Sébastopol les obusiers « où deux hommes tenaient à l'aise », Gœbbels avait annoncé leur envoi sur les côtes ouest où ils devaient apporter leur appui à la muraille de l'Atlantique et pulvériser les flottes alliées au milieu de la Manche. La mission qu'on prétendait leur confier présentait d'autres difficultés que celle d'un simple tir à grande portée contre objectif non manœuvrant de position connue ; la télémétrie derrière fumigènes, l'observation sans maîtrise de l'air, la parade aux manœuvres de dérobement des navires, la protection des batteries contre les attaques aériennes posaient autant de problèmes insolubles pour la « Wehrmacht » de 1944. Aussi les obusiers géants furent-ils remisés. Mais c'était bien dans cette voie qu'il eût fallu s'engager si l'on avait voulu détruire Londres par l'artillerie, par exemple avec des obus d'une dizaine de tonnes tirés d'un tube géant enterré.

Que peut-on reprocher aux V-1 et aux V-2 ? Tout simplement leur échec final, dont il n'est pas très difficile d'analyser les causes.

Les V-1

Les V-1 sont des engins relativement économiques, qu'on pouvait espérer fabriquer en quantité suffisante pour la destruction d'une grande ville. Mais leur propulseur avait un rendement très faible, qui interdisait les grandes portées et même les grandes vitesses. Son principe l'obligeait à naviguer à basse ou moyenne altitude ; l'engin s'y trouvait exposé aux ballons, à la D. C. A., à l'aviation de chasse. Enfin son tracé, volontairement simplifié pour des raisons de fabrication économique, lui valait une résistance aérodynamique élevée ; les avions de chasse qui les survolaient rattrapaient assez aisément les V-1 en vol horizontal ou en piqué léger. Vers la

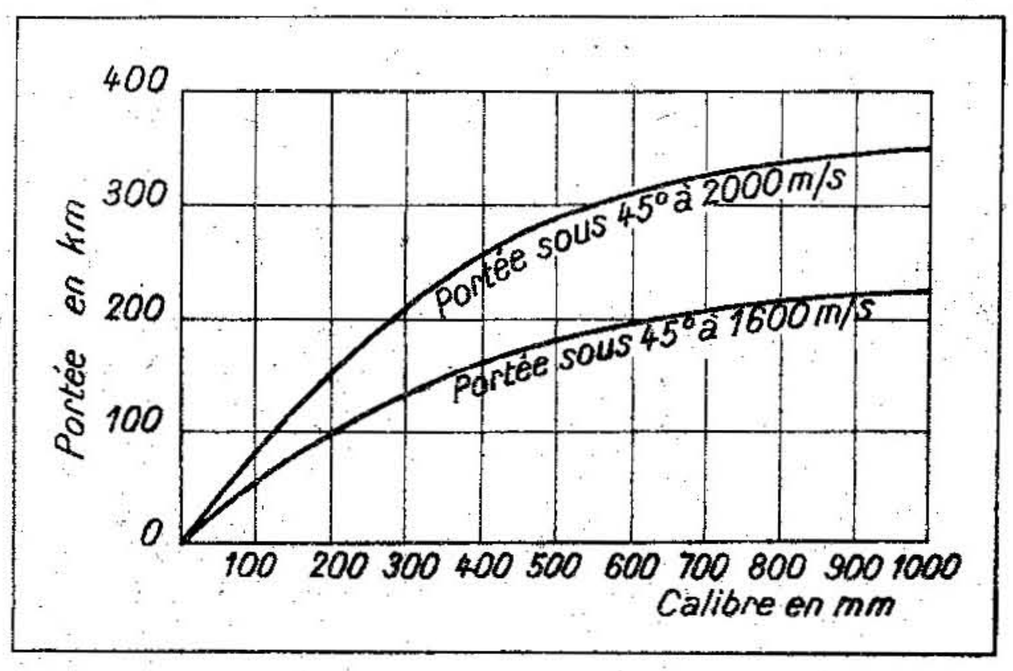


FIG. 3. — CROISSANCE DE LA PORTÉE AVEC LE CALIBRE

Aux très grandes vitesses initiales nécessaires pour le tir entre 100 et 400 km, l'intérêt du gros calibre s'affirme. Les courbes ci-dessus, déduites des données des figures 1 et 2, donnent, pour des projectiles semblables à celui des Berthas de 1918, la portée en fonction du calibre. Elles montrent que le calibre de 210 mm était très insuffisant pour tirer un bon rendement des vitesses de 1 600 m/s. Au contraire, le poids d'une dizaine de tonnes qui est celui de la V-2 convient beaucoup mieux. En raison de la très grosse différence de constitution, les courbes ci-dessus, se rapportant aux projectiles ordinaires, donnent des valeurs un peu trop élevées pour les fusées genre V-2. Leur grand allongement et leur excellent indice de forme ne suffisent pas en effet à compenser leur faible densité.

fin de leur emploi, au moment où les troupes alliées occupèrent leurs bases de départ, 95 % environ des engins lancés étaient détruits avant d'arriver sur l'objectif. La construction économique, lorsqu'elle arrive à ce résultat, n'est pas une conception recommandable.

Le principal reproche à faire aux V-1 est leur vitesse insuffisante. Il est difficilement concevable que l'on ait pu accepter des engins n'atteignant pas la vitesse des avions de chasse les plus rapides, exposés dès lors à une destruction certaine après organisation d'un service de détection et rassemblement d'un nombre élevé de chasseurs. Reprenant en 1936 l'idée de la bombe planante, qui remonte à la guerre de 1914-1918, nous proposions une charge de 500 à 1 000 kg au mètre carré qui lui eût donné, lâchée d'un avion, une vitesse double des 400 km/h des chasseurs contemporains. Cette vitesse n'avait rien d'exagéré pour la sécurité de l'engin exposé au tir de la chasse et de la D. C. A. Ce sera d'ailleurs une des grosses difficultés de la bombe planante de demain que d'avoir à naviguer au milieu de chasseurs-fusées à 2 000 ou 3 000 km/h.

Les V-2

L'insuffisance de vitesse n'est certainement pas la cause de l'échec final des V-2, pas plus que

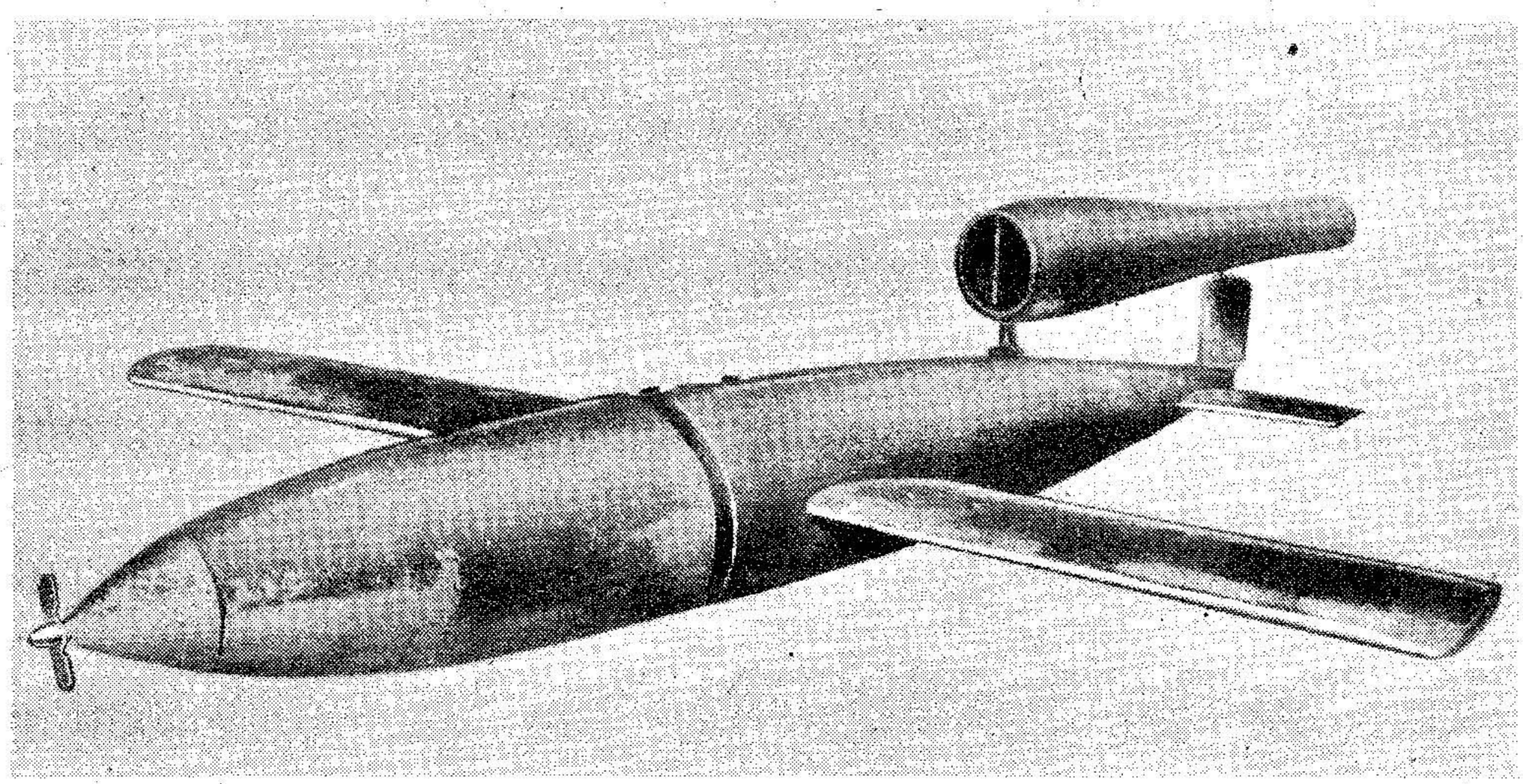


FIG. 4. — VUE D'ENSEMBLE DE LA V-1

la navigation aux basses altitudes. Elles ne risquaient pas la poursuite à 1 800 m/s, au-delà de la stratosphère. Encore ne faut-il pas éliminer cette parade pour les engins de demain ; l'avion-fusée n'a pas dit son dernier mot.

Le reproche principal qu'on doit leur faire est l'inverse de celui qu'on peut adresser aux V-1, et le rejoint d'ailleurs. Il y a deux méthodes de gaspillage : accepter un article trop bon marché, en exiger un inutilement coûteux. La dernière est celle qu'ont choisie les auteurs de la V-2.

On admettra difficilement qu'il faille treize tonnes d'une mécanique de luxe, combustible et comburant compris, pour transporter à 300 km une tonne d'explosif. C'est pourquoi les usines souterraines avec des dizaines de milliers de forçats n'arrivaient pas à alimenter les plates-formes de lancement. Entre la quincaillerie d'un propulseur de V-1, et les turbines et pompes d'une V-2, il y a un juste milieu. La V-2 est la production de spécialistes en mécanique auxquels on a posé un problème certainement difficile, et qui ont fait appel à toutes les ressources de leur technique sans trop s'inquiéter du prix. Si l'on s'était adressé à des pyrotechniciens, on aurait obtenu un engin alimenté avec un produit peut-être plus coûteux que le mélange d'oxygène liquide et d'alcool, mais de construction beaucoup plus économique.

L'histoire de la torpille marine montre les erreurs que l'on peut commettre dans une question tout à fait voisine de celle-ci, et qui se prolongent pendant des dizaines d'années une fois que le type d'arme est définitivement remis aux mains des spécialistes de la mécanique.

La première torpille automotrice a été étudiée, au début du siècle dernier, par Paixhans, alors jeune officier d'artillerie, devenu par la suite inspecteur général de son arme. Les fusées « à la Congrève » venaient de se signaler par des succès tels que l'incendie de Copenhague. Paixhans eut l'idée toute naturelle de les appliquer au perfectionnement des torpilles portées ou dérivantes que l'on employait quelquefois à l'époque (attaque par brûlots...). Il construisit donc une torpille mue par fusée, qui fonctionna aussi bien qu'elle le pouvait, mais ne parvint pas à s'imposer auprès des marins.

Le problème de la torpille automotrice fut repris, un demi-siècle plus tard, par Whitehead, mécanicien de profession. Il dota son engin d'un moteur à air comprimé qui était une réalisation remarquable pour l'époque, et remporta immédiatement un très grand succès. On voulut augmenter la distance de lancement, de quelques centaines de mètres à l'origine, et l'on y ajouta un système de direction gyroscopique ; puis la vitesse, et on se mit à réchauffer l'air comprimé pour améliorer l'économie de consommation d'un moteur puissant. On continua par des exigences quant au poids de la charge explosive, au tir à très grande distance..., et l'on se trouva, entre 1910 et 1925, en face de torpilles pesant entre 800 et 1 500 kg, qui étaient des merveilles de mécanique, mais qui coûtaient presque aussi cher que les premiers torpilleurs de 16 tonnes.

Lorsque l'aviation entreprit d'attaquer le navire à la torpille, elle choisit le plus petit modèle en service. Son emploi comportait bien quelques servitudes assez gênantes. Pour lancer un engin aussi fragile, l'avion devait descendre à 20 ou 30 m, où les gerbes soulevées par les pièces de grosse artillerie étaient un obstacle dangereux. Pour éviter la manœuvre de dérobement de son adversaire devant une arme à peine plus rapide que lui, il fallait approcher à faible distance, dans un secteur assez étroit sur l'avant du travers, où les bâtiments légers et l'aviation d'escorte montaient leur faction. Et toujours pour ne pas infliger à sa torpille un choc trop rude au contact de l'eau, il fallait accomplir ce dangereux trajet au ralenti. Mais n'étaient-ce pas là des servitudes inhérentes au principe même de la torpille ? Pouvait-on supposer un instant que le marin, qui employait cette arme depuis soixante ans, aurait laissé à l'aviateur quelque perfectionnement à ajouter ? Aussi partait-il avec résignation à une attaque sans espoir, et les « Swordfish » qui reçurent la mission d'arrêter le *Scharnhorst*, le *Gneisenau* et le

Prinz Eugen à leur traversée du Pas-de-Calais furent-ils descendus par douzaines sans y parvenir. Il fallut tout le mépris des règles de protection les plus élémentaires pour que le *Repulse* et le *Prince of Wales* fussent coulés par les avions-torpilleurs japonais.

L'aviation a lancé pendant près de trente ans — elle avait commencé avant 1918 — un engin qui ne convenait en rien à l'emploi qu'elle en faisait. La torpille d'avion ne doit pas être celle de Whitehead, mais celle de Paixhans, lancée à grande altitude, à grande distance, à grande vitesse, par un appareil qui pourra ainsi affronter l'adversaire et son escorte avec quelque espoir d'en réchapper. Nous avions repris en 1936 l'idée de Paixhans sous la forme d'une torpille-fusée à trajectoire presque entièrement aérienne, prolongée par un élément sous-marin jusqu'au navire à proximité duquel elle devait tomber. Il a fallu attendre 1945 pour saisir les engins de ce type que l'Allemagne avait mis à l'étude après plusieurs années de succès de la fusée dans tous les domaines.

Au fond, la torpille de Whitehead ne convenait pas mieux à la marine qu'à l'aviation. Contre le navire de guerre qu'elle devait chasser des mers, elle n'a jamais remporté de succès sérieux que par surprise. Port-Arthur n'était pas davantage la preuve de sa puissance quand on la confiait au torpilleur de surface que Pearl Harbor lorsqu'elle était lancée par avion. La mesure exacte de son efficacité, c'est le Jutland, où des centaines furent échangées de part et d'autre sans résultat appréciable. Son plus grand succès est la lutte contre le navire de commerce. Encore faut-il distinguer. Le cargo isolé est à la merci des torpilles d'un sous-marin, mais il risque autant des obus moins coûteux que celui-ci ne manque pas d'employer dans une telle rencontre. Le convoi escorté exige la torpille, mais aussi, le plus souvent, le sacrifice du sous-marin.

Pour la marine comme pour l'aviation, la torpille de Paixhans surclasse celle de Whitehead dans toutes les applications. La combinaison de la trajectoire aérienne avec un faible parcours sous-marin, ou de surface — car il est plus qu'inutile d'exiger le parcours sous-marin à quelques mètres d'immersion contre le navire non cuirassé — permet d'éviter la manœuvre de dérobement en réduisant la durée de trajet, de tirer à grande comme à petite distance, de lutter contre l'escorteur comme de détruire l'escorté, de faire, à l'impact, traverser à grande vitesse le caisson de protection pour aller éclater au delà de la cloison blindée. La torpille de Paixhans peut être tirée d'un sous-marin en plongée comme d'une vedette en surface et même d'un cuirassé de 45 000 t, s'il prend fantaisie aux marines de renouveler un armement qui commence à dater. Tous ces résultats, elle les obtient avec un engin cinq à dix fois moins lourd que sa concurrente, vingt à trente fois moins coûteux, dont la vedette, comme l'avion, emporterait des dizaines et le sous-marin des centaines.

La débauche de mécanique de luxe consentie à la torpille se retrouve dans la V-2. Dans la mesure où elle tient au choix du combustible et du comburant, par exemple l'alcool et l'oxygène qu'on retrouve aujourd'hui sur l'une comme sur l'autre, on n'apprécie pas toujours les conséquences finales du recours aux produits à forte chaleur de réaction. Le kilogramme du mélange oxygène-alcool dégage assurément plus de calories que la poudre à forte teneur de nitrogly-

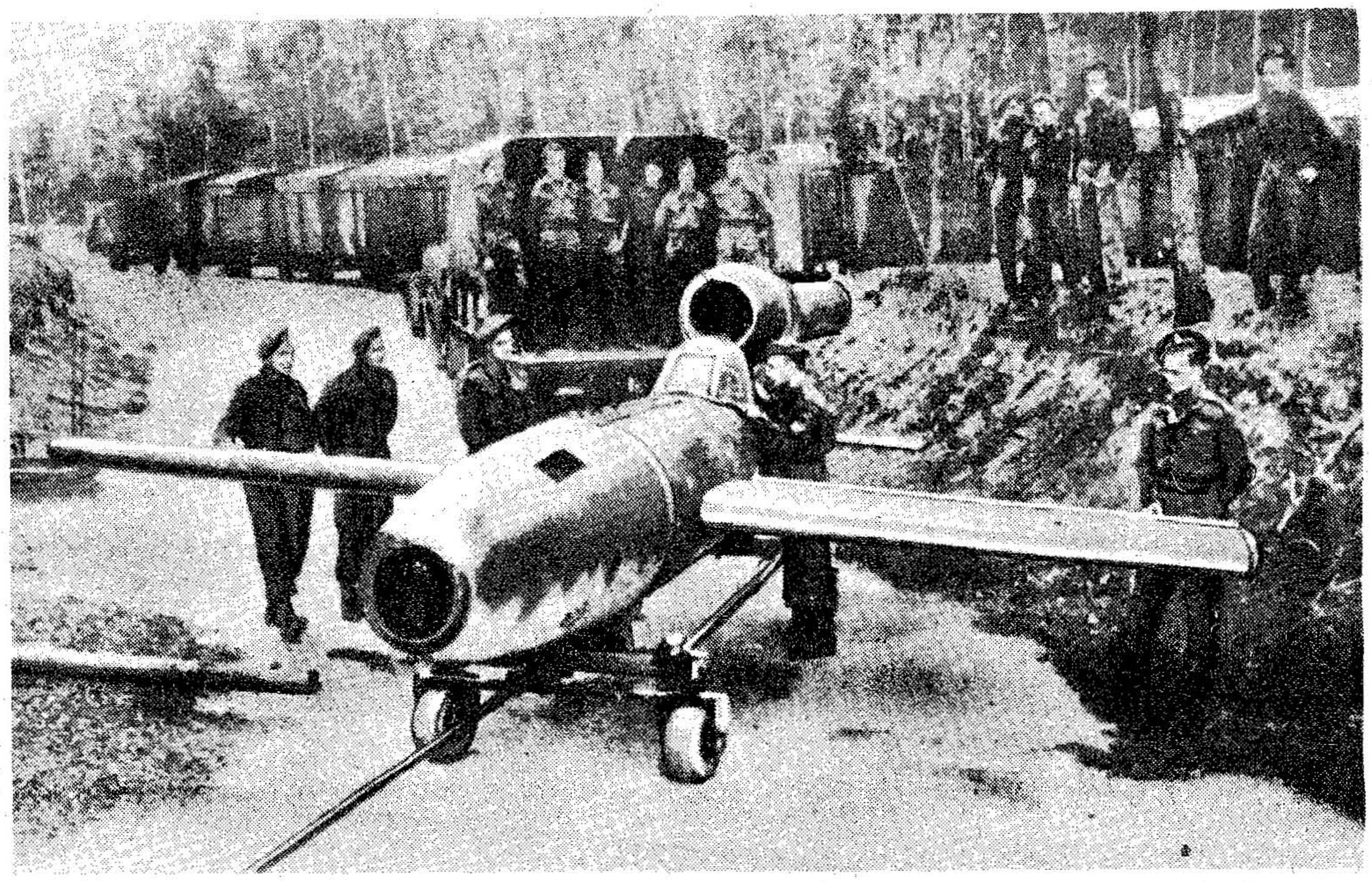
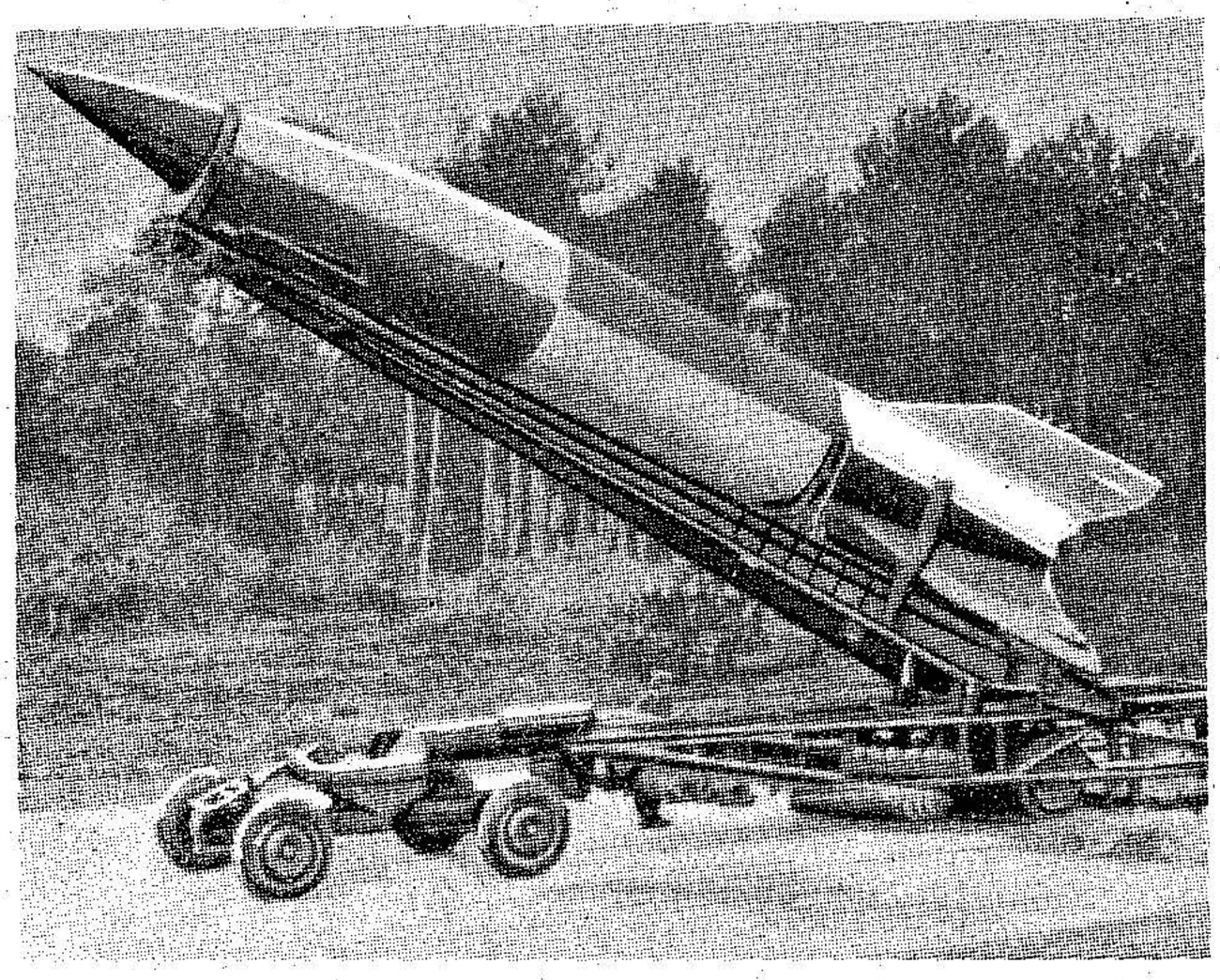


FIG. 5. — LA V-1 AVEC PILOTE

Cette nouvelle arme, qui devait être la V-4, était dérivée de la V-1, légèrement agrandie. Le pilote n'était pas sacrifié comme sur les Baka, mais devait sauter en parachute au voisinage de l'objectif sur lequel il avait dirigé l'engin.

FIG. 6. — LE LANCEMENT D'UNE V-2 A CUXHAVEN PAR LES TECHNICIENS BRITANNIQUES

Un certain nombre de V-2 ont été lancées des environs de Cuxhaven (où les Allemands avaient transporté le centre d'expériences des fusées après le bombardement de Peenemunde par la R. A. F.) par le « Special Projectile Operation Group » de l'armée britannique. La plate-forme de lancement était un simple massif bétonné sur lequel était posé un anneau d'acier. La V-2 était amenée à l'emplacement du lancer sur un véhicule spécial remorqué par un tracteur. Une manœuvre hydraulique faisait pivoter le berceau de la fusée autour d'un axe horizontal jusqu'à ce que le projectile repose sur l'anneau d'acier de la plate-forme du lancement. Les opérations de pointage de la fusée consistaient d'abord à assurer la verticalité rigoureuse de son axe, vérifiée à l'aide de théodolites, ensuite à faire tourner l'anneau d'acier pour amener dans l'azimut du but le plan vertical de symétrie de la fusée, plan dans lequel son axe doit s'incliner lorsqu'elle aura atteint l'altitude prévue. Les opérations de remplissage des réservoirs, qui prennent 12 mn, s'effectuent dans l'ordre suivant : alcool, eau oxygénée, oxygène liquide, permanganate (eau oxygénée et permanganate sont destinés à l'entraînement de la turbine auxiliaire actionnant les pompes d'alimentation de carburant et de comburant). L'allumage s'effectue électriquement, au moyen d'une prise de courant fixée à l'extrémité d'un long fil porté par deux grandes tiges formant un V (visibles sur la page ci-contre) ; cette prise de courant est éjectée automatiquement après l'allumage et avant le démarrage. Dans une première phase, l'alcool et l'oxygène accèdent par gravité à la chambre de combustion et brûlent en fournissant une poussée de l'ordre de 8 t Puis la turbine auxiliaire démarre, atteint sa vitesse maximum en 3 s environ et alimente la tuyère qui développe une poussée naissante et le projectile part. Le lancement prend ainsi entre 7 et 10 s à partir de l'allumage. La fusée s'élève verticalement guidée par les quatre gouvernails aux extrémités de l'empennage, coordonnés avec les quatre déflecteurs en graphite disposés à l'orifice de la tuyère. En 40 s environ, la fusée atteint quelque 25 km d'altitude et, sous l'action des gyroscopes qu'elle emporte, bascule et poursuit sa route sous une inclinaison de 40 à 45°. L'alimentation de la tuyère est interrompue, et la V-2 se dirige vers le but sans propulsion comme un projectile d'artillerie. L'altitude maximum atteinte est d'un peu moindre de 100 km. Les accidents, assez fréquents lors du lancement, provenaient soit du non-fonctionnement des gyroscopes provoquant le basculement de la fusée à haute altitude, soit de la chute de la fusée de sa plate-forme avant le décollage complet. Dans le premier cas, la V-2 retombait au voisinage de la position de lancement ; dans le second, elle rasait le sol sur plusieurs kilomètres, renversant tous les obstacles et brûlant tout ce que pouvaient atteindre les gaz d'échappement.



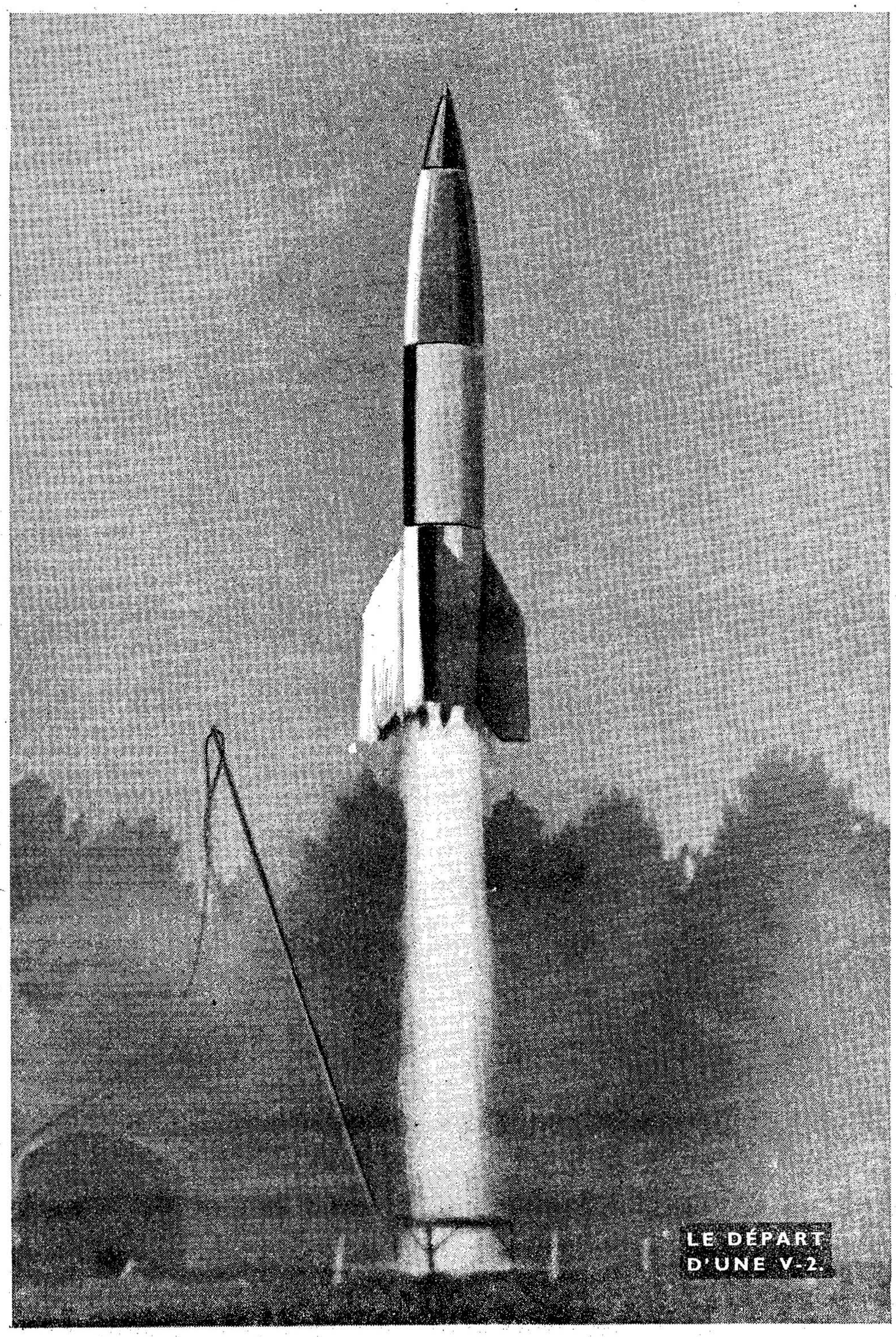
Dimensions :	
Longueur hors tout	14 m
Diamètre du corps	1,65 —
Envergure des empennages	3,55 —

Devis de poids :	
Charge explosive (amatol)	976 kg
Corps de fusée	1 754 —
Appareil moteur	1 014 —
Équipement	295 —
Combustible et comburant principaux	8 766 —
Combustible et comburant auxiliaires	181 —
Poids total	12 986 —
Poids en fin de combustion	4 040 —

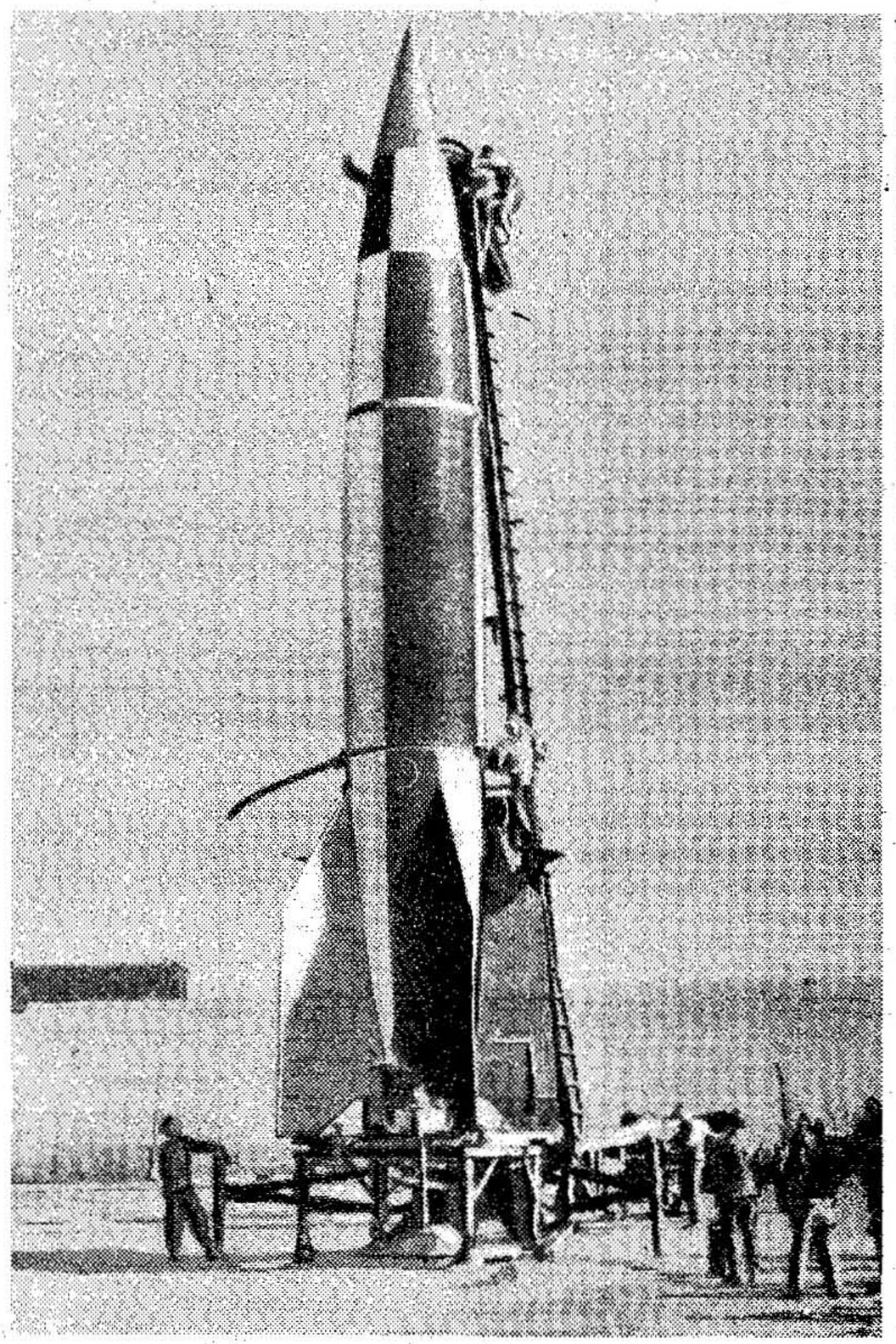
Appareil moteur :		
Turbine	Puissance	6 180 ch
	Vitesse de rotation	5 000 tours/mn
	Pression d'admission	23 kg/cm²
Pompe à oxygène	Puissance	320 ch
	Débit	72 kg/s
	Pression de refoulement	24,5 kg/cm²
Pompe à alcool	Puissance	360 ch
	Débit	56,75 kg/s
	Pression de refoulement	26 kg/cm²
Vitesse d'éjection		2 135 m/s
Poussée au départ		27 240 kg
Accélération au départ		2,1 *g*
Accélération en fin de combustion		7 *g*

FIG. 7. — CARACTÉRISTIQUES DE LA V-2

Ce tableau, qui résulte des essais fait sur la V-2 en Grande-Bretagne, complète les données sommaires de notre numéro 332 de mai 1945 (p. 186). On notera l'importance du poids de l'appareil moteur, qui pèse sensiblement autant que des réservoirs capables de résister aux pressions modérées de 24 à 36 kg/cm² utilisées pour l'alimentation de la chambre de combustion.



LE DÉPART D'UNE V-2.



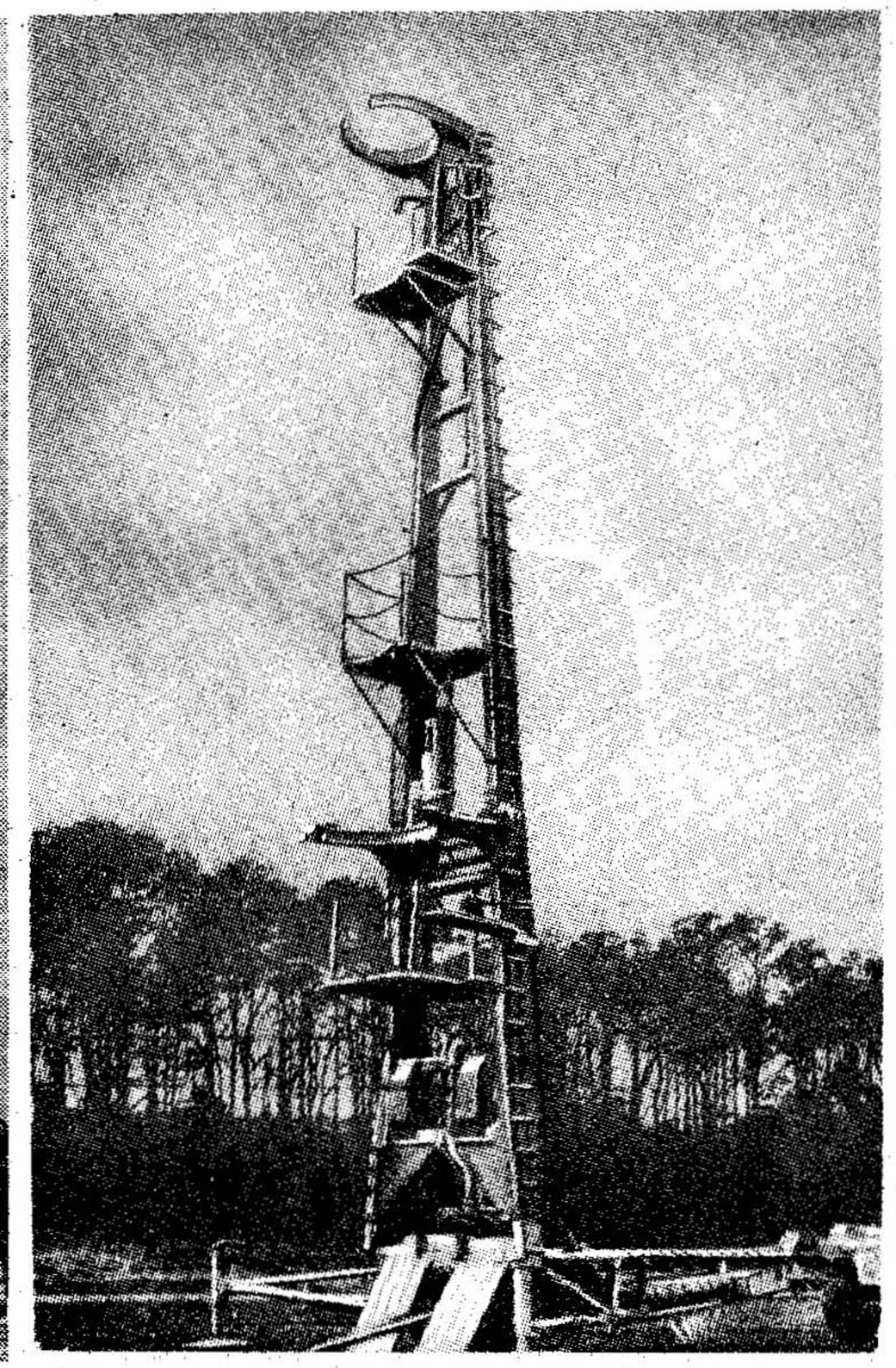


FIG. 8 ET 9. — LA V-2 EN COURS DE REMPLISSAGE ET SON BERCEAU DE TRANSPORT DRESSÉ PAR MANŒUVRE HYDRAULIQUE

cérine qu'on accepte dans les types de fusées moins coûteux. Mais il est moins dense, et le supplément de volume qu'il occupe est aussi gênant aux très grandes vitesses que le supplément de poids du produit à moindre valeur énergétique. Il est plus difficile à transporter ; il réclame, pour l'oxygène liquide, un récipient isolé, pour l'oxygène sous pression un réservoir lourd. Il n'est pas susceptible d'une puissance instantanée aussi grande que la poudre, et la progressivité de l'effort propulsif qu'il impose n'est pas toujours un avantage.

Au reste, il est aisé de comparer le rendement de la fusée à poudre et celui de la fusée à alcool-oxygène. Malgré l'énergie moindre disponible dans la première, et le rendement moindre de la combustion dans un corps de fusée léger ne supportant par suite que de basses pressions, la figure 11 montre que les très gros engins atteignent les portées de 300 km avec un poids de poudre qui ne dépasse pas 60 % du total, soit un poids de fusée de moins de 70 % si on lui ajoute le poids d'un corps léger. En 13 t, une V-2 à poudre emporterait 4 t d'explosif, avec 8 t de poudre et une tonne de tôle d'acier. C'est un rendement quadruple de celui de la V-2 à alcool-oxygène, malgré un prix de revient très inférieur.

Au fond, ce qui fait la supériorité d'une solution sur l'autre, ce n'est pas tant la nature du produit utilisé pour la propulsion, que la simplicité de l'une opposée à la complexité de l'autre. Les liquides à chaleur de réaction élevée, comme l'oxygène et l'alcool, doivent pouvoir concurrencer la poudre, du moins sur les engins de très gros tonnage où la portée se rapproche de celle dans le vide, et où la densité des produits brûlés par la fusée intervient moins. Mais il faut se garder de ces perfectionnements ingénieux dont chacun doit améliorer un rendement en poids qui n'est que de 30 %, et dont le total finit par le ramener à 10 %. Il semble naturel, au lieu de loger l'alcool et l'oxygène liquide dans de lourds réservoirs sous pression, de les pomper à partir de récipients légers dans la chambre de combustion qui sera seule à supporter cette pression. Pour peu qu'on vous offre une solution ingénieuse de chaudières à eau oxygénée et permanganate alimentant une turbine à vapeur qui conduit elle-même les pompes, on trouve que la mécanique moderne est vraiment une belle chose. Mais on ne s'aperçoit pas qu'il a fallu se résigner à accepter un régime de combustion relativement lent pour ne pas être obligé de monter des turbines et des pompes de plusieurs milliers de chevaux. Pendant les dizaines de secondes que dure la combustion dans les couches résistantes de l'atmosphère, l'engin se traîne sans atteindre les vitesses où la fusée aurait un rendement propulsif intéressant. La répartition de la combustion le long de la trajectoire peut se discuter pour les fusées de petit ou moyen ton-

nage ; pour les très grosses fusées, il n'est pas douteux qu'elle doit être la plus rapide possible, juste le temps de brûler les tuyères et les chambres de combustion, ce qui évitera, au surplus, d'avoir à résoudre le problème de leur refroidissement.

Si l'on tient à l'oxygène liquide et à l'alcool, on les logera en réservoirs résistants capables de les débiter sous une pression d'une cinquantaine de kg/cm², qui formeront le corps même de l'engin. On acceptera tout au plus une isolation intérieure de quelques millimètres dans le réservoir à oxygène, dont la paroi résistante prendra dès lors la température ambiante. La pression d'injection dans la chambre sera donnée par les liquides eux-mêmes, vaporisés en la refroidissant.

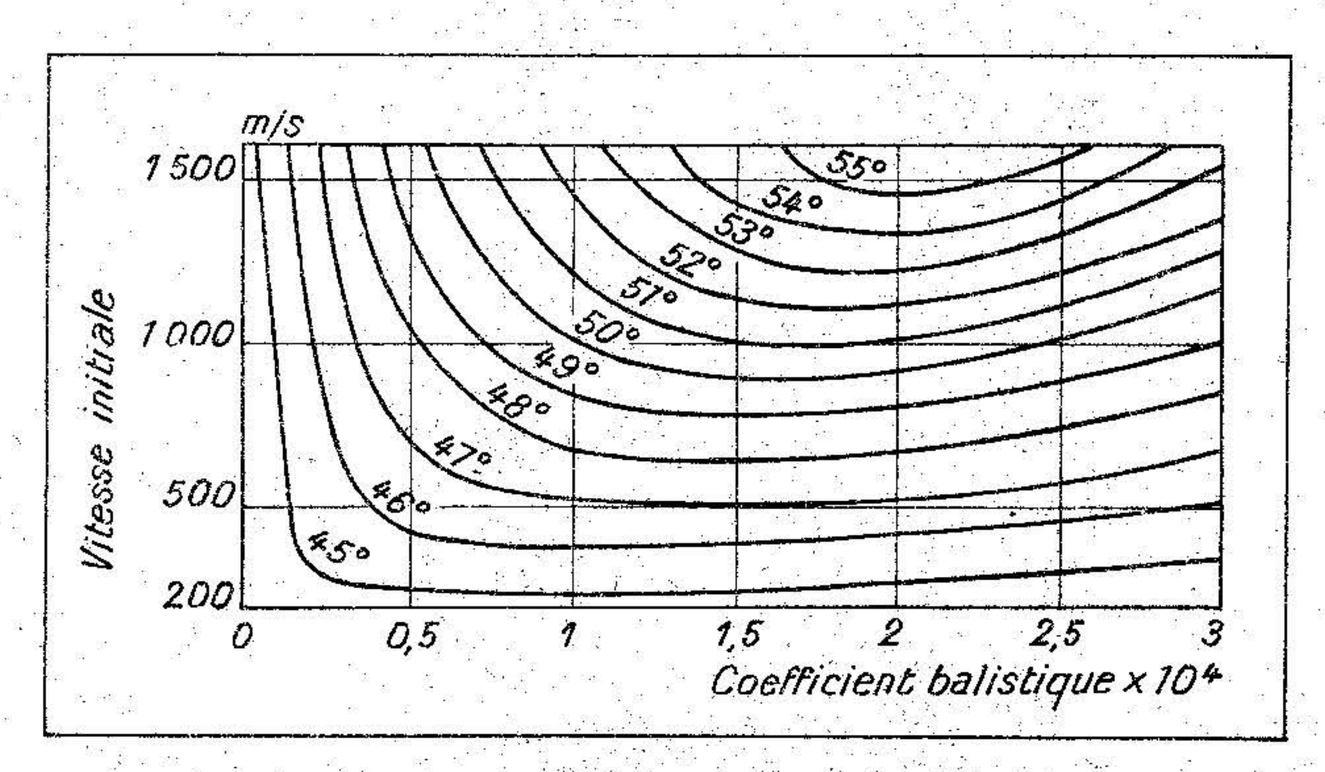


FIG. 10. — ANGLE DU MAXIMUM DE PORTÉE

On sait que la portée maximum serait obtenue dans le vide, à toute vitesse initiale, par le tir à 45°. L'angle de tir donnant la portée maximum reste très sensiblement égal à 45° aux vitesses habituellement employées en artillerie de campagne. Mais il se relève assez rapidement pour les vitesses de 1 000 à 2 000 m/s. Le tir à un angle supérieur à 45° présente en effet l'avantage de conduire plus rapidement le projectile dans les hautes couches de l'atmosphère où la portée reste sensiblement celle du vide. Les courbes ci-dessus donnent la valeur de l'angle de tir convenant au maximum de portée, en fonction du coefficient balistique et de la vitesse initiale ; elles montrent que le maximum de portée des Berthas était atteint au tir sous 53° environ. Il serait d'environ 56° pour les V-2, où la question se présente un peu différemment en raison de la montée progressive en vitesse. En passant du tir sous 45°, dont les portées sont données par la figure 2, au tir sous l'angle de portée maximum, le gain est d'ailleurs insignifiant aux vitesses moyennes. Il peut être évalué d'une manière grossièrement approchée par les formules de la balistique du vide, pour la même valeur de la différence entre les deux angles de tir considérés. Il ne dépasserait pas 4 à 5 km pour les Berthas, sous 53° et vers 100 km ; 20 à 25 km pour les V-2, sous 56° et vers 300 km.

La sustentation des engins à grande portée

Doit-on, aux très grandes portées, tirer des engins à trajectoire sensiblement parabolique comme les projectiles de très grosse artillerie, ou, ce qui n'est pas très différent comme résultat, à trajectoire plus complexe comme la V-2 qui part à la verticale et s'oriente par un mécanisme gyroscopique après un certain parcours ? Doit-on, au contraire, utiliser un dispositif de sustentation comme sur la V-1 ?

Dans le premier cas, la portée a sensiblement la même valeur que dans le vide pour les gros engins, soit le dixième du carré de la vitesse initiale supposée imprimée en un temps très court : 100 km pour 1 000 m/s, 400 km pour 2 000 m/s, 900 km pour 3 000 m/s. C'est largement suffisant sur un théâtre d'opérations aussi étroit que l'Europe occidentale, mais pas pour un bombardement intercontinental.

Le recours à la sustentation par voilure améliore beaucoup la portée pour une même vitesse au départ. Si l'on suppose un planeur élevé à la verticale comme une V-2,

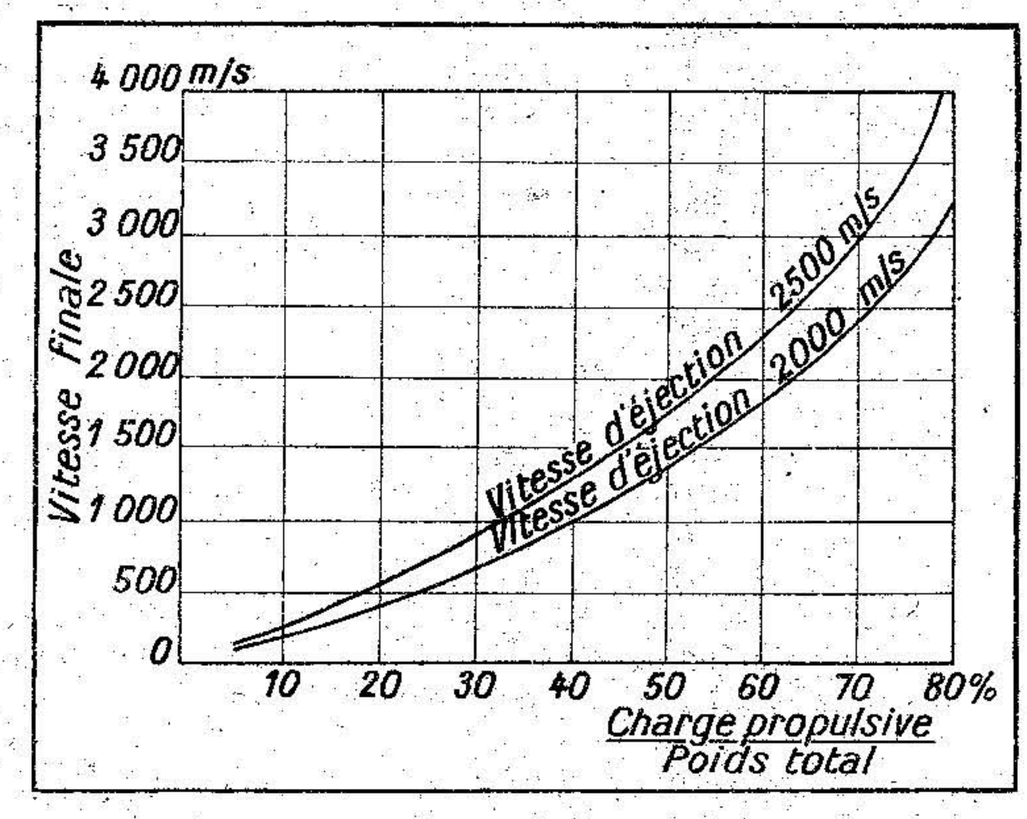


FIG. 11. — VITESSE ATTEINTE PAR LES FUSÉES

Une fusée qui débiterait à vitesse constante un poids constant de gaz par unité de temps recevrait une poussée constante ; sa vitesse finale serait proportionnelle au poids de la charge propulsive, ou, si l'on veut comparer entre elles des fusées de poids différents, au rapport de la charge propulsive au poids total de la fusée. La vitesse atteinte serait d'ailleurs proportionnelle à la vitesse d'éjection des gaz. C'est la loi qu'indiquent les courbes de cette figure, au voisinage de l'origine, pour une faible charge propulsive. Mais, lorsque celle-ci atteint une fraction importante du poids total, on ne peut admettre que la poussée constante produite par l'éjection s'applique à une masse constante ; celle-ci allant en diminuant, l'accélération prise, donc le gain de vitesse de la fusée, augmente dans le même rapport. C'est ainsi que la courbe relative à la vitesse d'éjection de 2 500 m/s montre que le gain de vitesse de 250 m/s (environ) pour les premiers 10 % de charge propulsive double sensiblement lors de la combustion des 10 % compris entre 45 % et 55 % ; il quadruplerait entre 70 et 80 %. Le rendement de la fusée augmente donc très rapidement avec la vitesse, d'une part parce que, la poussée étant constante, le travail qu'elle produit est proportionnel à cette vitesse ; d'autre part, parce que ce travail s'applique à une masse restante d'autant plus faible que la fraction de charge propulsive brûlée est plus grande. Les très grandes vitesses, 3 000 ou 4 000 m/s, seront aisément atteintes dès qu'on s'imposera un rapport élevé de la charge propulsive au poids total. Il ne semble pas que cette nécessité ait été bien comprise jusqu'ici, et la présence des chaudières, turbines, pompes...de la V-2 qui relève la masse finale de l'engin est notamment une des causes les plus importantes de sa portée assez modeste. Les courbes ci-dessus sont établies en négligeant l'effet de la pesanteur et de la résistance de l'air au cours de la combustion ; l'application en est d'autant plus justifiée que la combustion est plus rapide.

sous l'action d'une fusée, et soutenu ensuite par sa voilure, la portée qu'il atteint dépend de sa finesse, rapport de la portance du planeur à sa résistance. Comme l'altitude atteinte en tir à la verticale est, dans le vide, la moitié de la portée en tir sous 45°, la trajectoire parabolique et la trajectoire planante seraient équivalentes pour un planeur de finesse 2. Aux finesses de 8 à 10, la trajectoire planante multiplierait la portée par 4 ou 5.

C'est bien dans cette voie que plusieurs chercheurs veulent s'engager, et on publiait récemment des photographies d'un inventeur américain présentant des maquettes d'un accouplement de V-1 et de V-2, la V-2 étant destinée à propulser l'ensemble à très grande altitude où elle abandonnait la V-1 qui continuait sa route en vol plané. Il faut cependant se garder de conclure que l'assemblage d'une V-2 à 3 000 m/s et d'une V-1 de finesse 10 donnera par ce procédé les 4 500 km promis par le raisonnement sommaire précédent et qui apporteraient la solution du bombardement intercontinental.

C'est que le raisonnement suppose une finesse indépendante de la vitesse. Or les finesses de 10 à 20 qu'on réalise encore vers 400 à 500 km/h ne se conservent pas quand on approche de la vitesse du son. Au voisinage de 1 000 km/h, la résistance du Gloster « Meteor » est environ moitié de sa portance, égale à son poids dès que le mouvement est uniforme, et le rapport s'élève très rapidement au delà.

Au surplus, la sustentation par voilure suppose une atmosphère. Vers les 80 km d'altitude où parviennent les V-2 allemandes, il doit bien y avoir quelques traces de matière, à en juger par les très beaux effets lumineux qu'on y observe et qu'on retrouve dans les tubes à gaz raréfiés. Mais un planeur, si rapide qu'il soit, n'en trouvera pas assez pour se sustenter. La question ne se pose même pas vers les 200 km où monterait un projectile à 3 000 m/s.

Ce n'est pas que nous condamnions le projectile à sustentation. Il convient certainement pour les portées de quelques centaines de kilomètres, et nous l'avons même préconisé en 1936 sous la forme de la bombe planante lancée d'un avion à grande altitude, qui a été reprise pour les V-1 lorsque les Alliés se furent emparés en 1944 de leurs terrains de lancement. Le même principe, en combinaison avec un lancement par fusée, doit également améliorer le rendemen, aux très grandes portées où pourrait atteindre le tir parabolique, disons 500 à 1 000 km. Mais, au delà, il faudra se rabattre sur la formule de l'avion avec ou sans pilote, propulsé par des moteurs à grand rendement, avec toutes les sujétions de ce genre d'appareil en prix et en vulnérabilité.

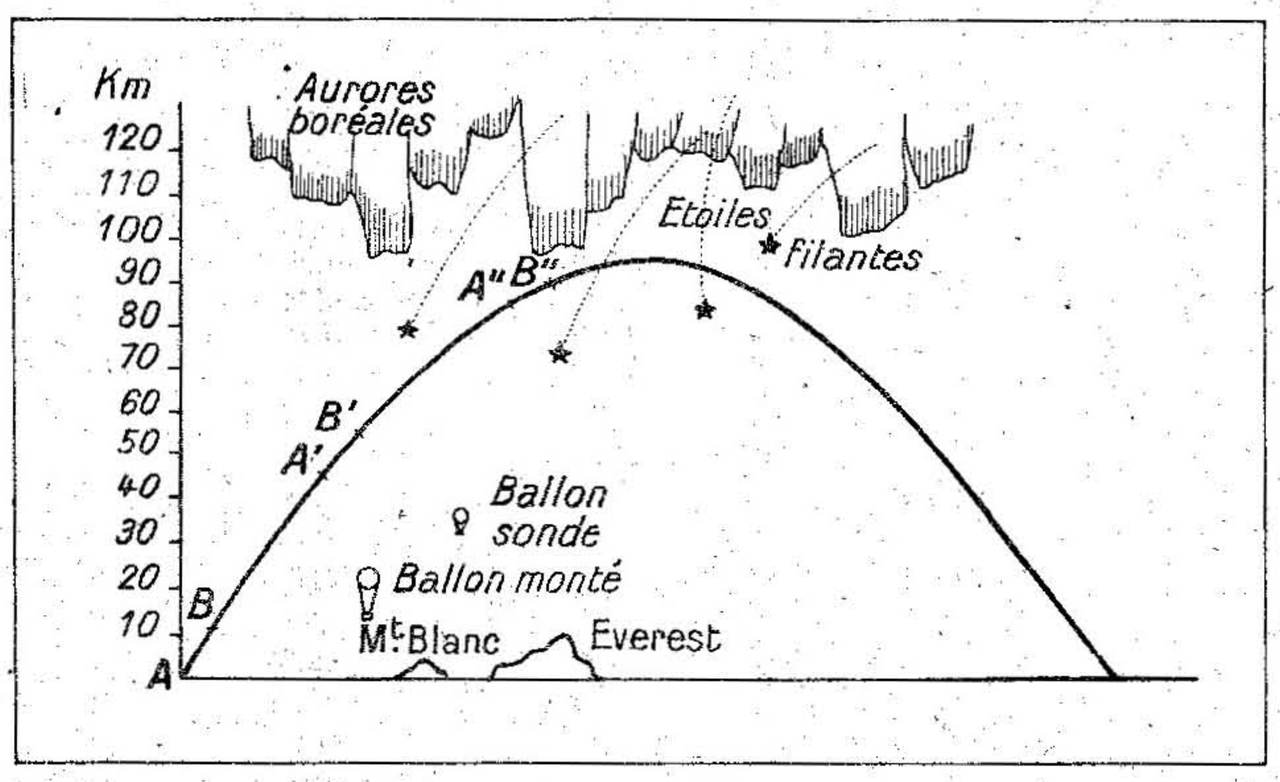


FIG. 12. — RÉPARTITION DE LA COMBUSTION D'UNE FUSÉE SUR LA TRAJECTOIRE

Toutes les conclusions tirées des graphiques précédents s'appliquent d'autant plus exactement que la combustion est plus brève, ce qui rapproche la fusée du projectile lancé par canon. C'est une des questions les plus controversées parmi les inventeurs que la répartition optimum de cette combustion le long de la trajectoire. Faut-il donner dès le départ toute la vitesse possible et traverser à cette vitesse les couches denses de l'atmosphère ? Faut-il, au contraire, les franchir à vitesse plus modérée, avec une résistance moindre, en réservant une part du combustible pour les couches à très faible densité ? Faut-il une série de combustions successives, telles que AB, A'B', A"B", ou une combustion continue telle que AB" ? Aucune réponse générale ne peut être donnée, à cause du nombre des facteurs en présence ; il faut se résigner à faire dans chaque cas les calculs assez complexes de trajectoires par éléments successifs. Quelques indications, qui ne paraissent pas toujours très connues, peuvent cependant servir de guides. Si la résistance de l'air est négligeable, ce qui est le cas des très gros engins et commence à être vrai de la V-2, il n'est pas douteux que la combustion la plus rapide possible dès le départ présente un gros intérêt. Pour les petits engins, où la résistance de l'air est très élevée en comparaison du poids, les combustions successives, ou la combustion continue étalée sur un large parcours s'imposent. La faible durée de combustion présente d'ailleurs un autre avantage, souvent plus important que les considérations précédentes, sur le rendement propulsif. Elle permet, en effet, des températures, donc des vitesses d'éjection très élevées, auxquelles la tuyère ne résisterait pas en régime quasi-permanent. Elle serait brûlée en 4 à 5 s par exemple, avec une poudre à forte teneur de nitroglycérine ; cela n'a pas d'importance si la combustion est terminée avant, et l'on y trouve l'avantage d'un rendement thermique élevé, c'est-à-dire d'une grande vitesse d'éjection. Cette raison peut être invoquée en faveur des combustions successives de préférence à la combustion continue, à condition de se servir de plusieurs tuyères qui seront brûlées successivement. Sur tous ces points, les solutions admises sur la V-2, où la vitesse de combustion est limitée par la puissance des pompes d'injection, sont très défavorables au rendement global du tir.

Les explosifs à grande puissance

Aucun exemple ne fait mieux la preuve du respect inconscient de la tradition, même lorsqu'on a décidé de l'abandonner, que le recours aux explosifs ordinaires de l'artillerie pour le chargement des V-1 et des V-2.

Lorsqu'on eut renoncé au canon à grande portée pour détruire l'Angleterre, les techniciens à formation aéronautique et mécanique qui établirent les V-1 et les V-2 crurent rompre complètement avec les traditions de l'artillerie, et ils eurent probablement tort sur certains points comme nous l'avons indiqué en traitant du dispositif de propulsion. Mais ils ne songèrent pas un instant à manifester la même indépendance dans le choix de la charge explosive. Ils acceptèrent celui que l'artilleur a fait voici plus d'un demi-siècle, et la même tolite, ou les mêmes mélanges d'explosifs nitrés et nitratés

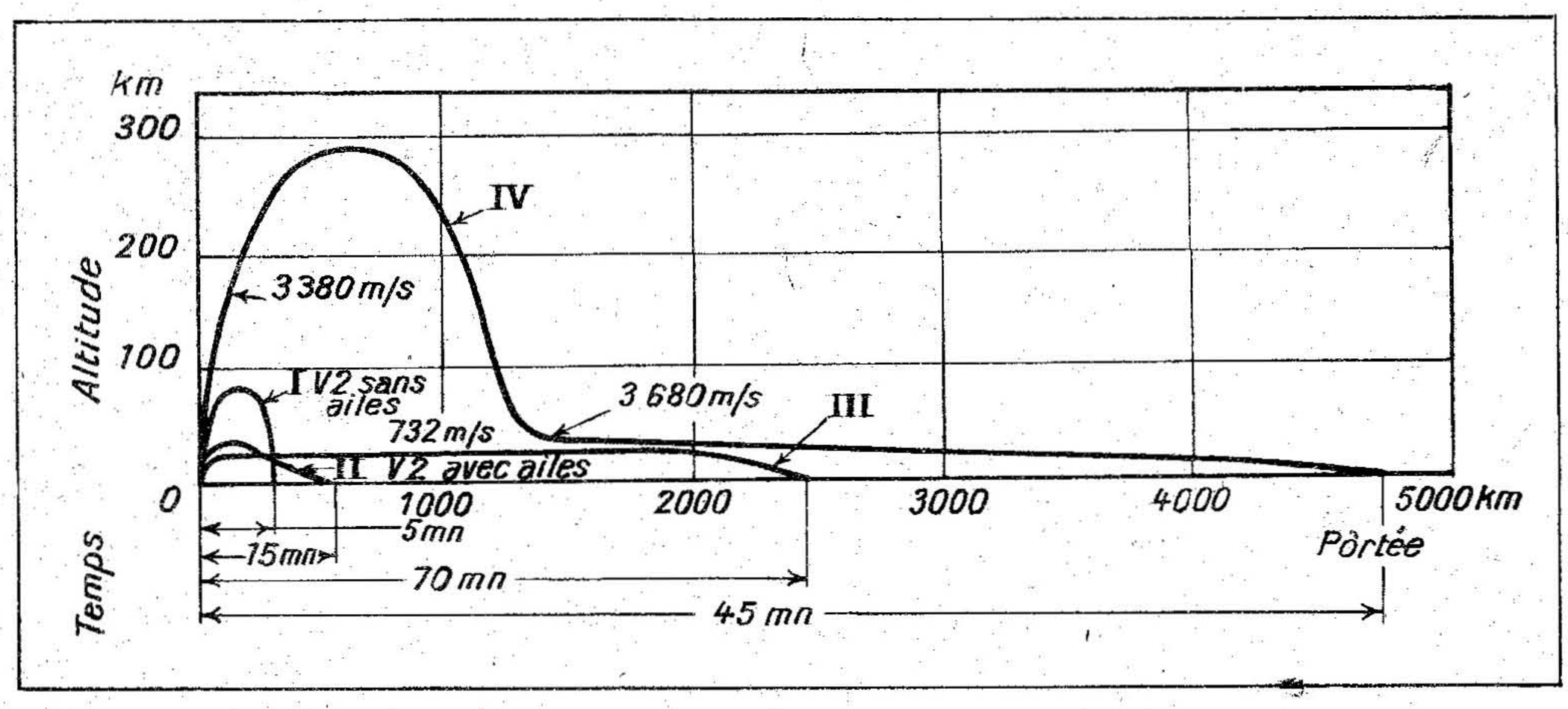


FIG. 13. — TRAJECTOIRES DE FUSÉES A TRÈS LONGUE PORTÉE

Les trajectoires ci-dessus sont une reconstitution, présentée récemment par W. G. A. Perring à la Royal Aeronautical Society, des projets allemands de bombardement intercontinental. La trajectoire I est celle de la V-2. La trajectoire II est celle d'une V-2 avec une voilure, descendant en vol plané après avoir atteint le sommet. La trajectoire III est celle d'une V-2 aidée au départ par une fusée de décollage qui la monterait à 24 000 m ; la V-2, avec sa voilure, ferait ensuite le trajet en vol horizontal à 732 m/s et terminerait par un vol plané qui la conduirait à 2 420 km. La trajectoire IV suppose l'addition de la vitesse obtenue par la V-2 à celle que donnerait la fusée de décollage, soit 3 380 m/s, suivie d'un vol plané, lorsque la V-2 serait retombée à une quarantaine de kilomètres, qui lui ferait atteindre 4 820 km. Des réserves sérieuses doivent être faites à la fois sur le rendement de ces opérations (les fusées auxiliaires de décollage pèseraient près d'une centaine de tonnes, comme l'engin A-10 étudié en Allemagne) et sur les finesses admises au cours de ces vols à grande vitesse.

préférés pour raison d'économie, servirent au chargement des V-1, des V-2 et des projectiles d'artillerie de campagne.

Toute tradition repose sur des bases, le plus souvent judicieuses. Elles ont le défaut de ne valoir que pour les conditions de l'époque où on l'établit, qui varient sans qu'on y prenne garde. Lorsque l'artillerie substitua à la poudre noire les explosifs brisants de sécurité tels que la tolite et la mélinite, le progrès fut double. La puissance d'explosion fut accrue, et la sécurité également. La poudre noire n'est pas un de ces produits que l'on puisse manipuler sans inconvénient au contact d'une flamme ou écraser avec des souliers à clous. On a chargé sans accident pendant des dizaines d'années des projectiles avec de la mélinite prise à la louche dans des chaudrons chauffés à feu nu, et la sécurité d'emploi s'étendait, en théorie du moins, au trajet du projectile dans l'âme ou dans un blindage. Le difficile n'était pas d'empêcher l'explosion, mais de la provoquer.

Les exigences de l'artillerie pour ses explosifs, et leurs conditions de recette dont la principale était la résistance à un choc qui simulait l'accélération au départ ou à l'arrivée, étaient défendables. L'artilleur se souvenait de l'époque où ses pièces tuaient plus de servants que d'ennemis. Mais, au début des explosifs brisants, il n'en oubliait pas la raison. Lorsque la crise des explosifs obligea, en 1914-1918, à recourir à des produits d'emploi moins sûr, tels que les chlorates, tous les artilleurs du monde surent fort bien les passer aux fantassins qui, eux, dans leurs lancements à main ou leurs tirs à faible distance, ne les soumettaient pas à des accélérations dangereuses. Il ne semble d'ailleurs pas que beaucoup de fantassins en soient morts.

Le personnel qui sert les V-1 et les V-2 a moins de raisons encore que l'infanterie de s'en tenir à des explosifs à grande sécurité. L'accélération au départ est faible. Sur les V-2, où la poussée de 27 t s'applique à une masse de 13 t, elle est de 2 *g*, moins que sur une catapulte d'avion de bord. A en juger par la longueur des rampes de lancement, l'accélération est moindre encore pour les V-1. Et surtout, à la différence d'un canon ou d'un mortier d'infanterie, les servants de ces engins ne les lancent qu'après s'être abrités sous béton, à une centaine de mètres ; pour plus de sécurité encore, on a même placé à 1 000 m les journalistes admis à assister aux tirs de V-2 par l'armée britannique. Ces mesures de protection se justifient, car le système de propulsion ou le mode de lancement ont provoqué à plusieurs reprises des explosions au départ. Mais, du moment qu'on accepte ces sujétions de lancement, on n'en est pas à une ou deux explosions prématurées de plus tous les mille coups, pour des raisons tenant à l'explosif.

Les V-1, les V-2 et toutes les armes analogues où l'on éloignera le personnel à l'instant du lancement doivent donc être chargées avec un explosif choisi d'après la seule considération de sa puissance. Nous n'irons pas jusqu'à proposer la nitroglycérine liquide, que les États-Unis autorisent à circuler sur les routes, avec une simple peinture du camion en rouge pour lui éviter les collisions. Mais la gelée explosive, où cette nitroglycérine est mélangée à une très faible proportion de coton-poudre, le « plastic », a la même puissance, avec une sécurité qui en fait admettre l'emploi dans les troupes du génie américaines. Et même, puisqu'on a commencé à faire dans la zone de l'avant cette demi-pyrotechnie qu'est le chargement en oxygène liquide, en alcool, en eau oxygénée à très forte concentration, pourquoi ne pas revenir à l'explo-

sifdit « à l'air liquide », beaucoup plus puissant encore que la nitroglycérine, où l'on arrose au dernier moment d'oxygène liquide un chargement de charbon de bois ? Les aviateurs de 1914-1918 ne l'aimaient guère, et l'on partage leur répulsion pour le logement en fuselage d'un mélange qui ne doit guère résister à la balle ou à l'éclat d'obus porté au rouge. Mais tout change dès que l'arme n'a plus besoin de pilote.

A défaut de plutonium, l'explosif du bombardement intercontinental sera donc au moins du « plastic » ou le mélange charbon-oxygène, dont on tirera un effet utile trois à quatre fois plus puissant que d'un même poids de tolite ou de ses succédanés.

La marine et les armes nouvelles

Jusqu'ici, la marine avait joué un rôle de premier plan dans le bombardement intercontinental et même dans les opérations de destruction moins lointaines. « Insulter les côtes de l'adversaire » était l'une des missions que condamnaient les défenseurs de la pure tradition navale. Mais on cédait souvent à la tentation. L'amiral Nimitz a bombardé les villes japonaises en baie de Tokio, comme la marine britannique Copenhague, la marine hollandaise les arsenaux de la Tamise et la marine turque Byzance. Et, si les études d'explosifs atomiques avaient été du ressort de la marine américaine, au lieu de l'armée, Hiroshima n'aurait-il pas reçu du plutonium à l'intérieur d'un obus de 406 mm, et non dans une bombe de « Superforteresse » ? Quelle réhabilitation du cuirassé !

Si le plutonium devient un produit assez commun pour servir aussi bien de moyen de propulsion que d'explosif, l'avenir du bombardement intercontinental est certainement aux engins atomiques ; la question du rayon d'action ne se pose plus en effet pour eux. Si l'on doit au contraire se limiter à la poudre sans dissolvant, à l'oxygène liquide et à l'alcool, leur faible valeur énergétique oblige à prêter attention à leur rendement. La V-2 qui porterait la moitié de son poids d'explosif à 200 km est une arme intéressante ; celle qui n'en porterait que 2 % à 2 000 km, si l'on atteint jamais cette distance, l'est-elle encore ?

C'est ici que la marine interviendra utilement, en rapprochant les bases de départ des objectifs. Le navire qui pourra vider ses soutes garnies de V-2 à 200 km des côtes adverses sera un élément précieux du rendement de l'opération. Il la simplifiera au degré des bombardements entre les pays de l'Europe occidentale, devenus tellement faciles qu'il n'est plus besoin d'aviation.

Est-ce donc le retour au cuirassé, avec des plates-formes pour V-2 en guise de tourelles ? Avant de l'affirmer, il faudrait être bien sûr que dans cette lutte à la V-2, le cuirassé n'est pas vaincu d'avance par les batteries de côte. Il faudrait également ne pas oublier l'aviation, ses armes anciennes, et les nouvelles qu'elle saura bien adapter, et qui ne laissent pas grand espoir de résister aux adversaires assez visibles et assez coûteux pour ne pas encourir son dédain.

La base flottante pour V-2 sera donc le navire le plus apte à résister au tir côtier comme à l'avion : le sous-marin. Il pourra tirer en plongée comme en surface, de même qu'il lâche une torpille ou une mine hors d'un tube ou d'un alvéole. Il lui restera à lutter à armes égales contre le navire de surface lancé à sa poursuite. La V-2 lui en donnera encore le moyen, ou plus simplement cette réduction de V-2 qu'est la torpille-fusée à trajectoire mi-aérienne, mi-sous-marine dont nous avons longuement parlé plus haut.

Le bombardement intercontinental

Si l'énergie atomique devient un jour d'emploi assez commun pour servir de moyen de propulsion comme d'explosif et pour être déversée en masse, le bombardement intercontinental en sera l'une des premières applications. S'il faut, au contraire, continuer à recourir aux explosifs et combustibles anciens, leur rendement est insuffisant pour l'arrosage des grands centres par le tonnage que réclame leur destruction.

Le perfectionnement des armes du genre de la V-1 et de la V-2 est certain. Dans des régions aussi peu étendues que l'Europe occidentale, leur emploi peut être développé au point de suppléer l'aviation, mais pas d'un bord à l'autre de l'Atlantique. Il leur faudra un moyen de transport économique non consommable. L'aviation est évidemment prête à offrir son concours, comme pour toutes les missions difficiles, et l'appareil lanceur de V-2 en cabré, qui leur éviterait la traversée des basses couches de l'atmosphère et leur imprimerait une vitesse initiale non négligeable est un type dont on peut prévoir l'essor. Mais la marine, si elle veut bien réviser la hiérarchie de ses types de bâtiments définitivement bouleversée par l'avion, peut trouver dans cette même mission un avenir pour certains d'entre eux.

Camille ROUGERON.

Le lithium, le plus léger de tous les métaux (il est cinq fois moins dense que l'aluminium), n'avait pour ainsi dire aucune application pratique avant la guerre, bien qu'il se trouve plus abondamment dans la terre que le plomb ou l'étain. A l'état pur, ce métal est, en effet, très instable à l'air et dans l'eau, et on le conserve habituellement dans le pétrole. Ses propriétés très particulières ont néanmoins été mises à profit ces dernières années, et on l'utilise aujourd'hui couramment dans les alliages cuivreux à haute conductivité, bronzes stanneux, alumineux et siliceux, ainsi que pour la soudure de l'aluminium, la fonte du magnésium et le traitement à chaud de certains métaux et alliages.

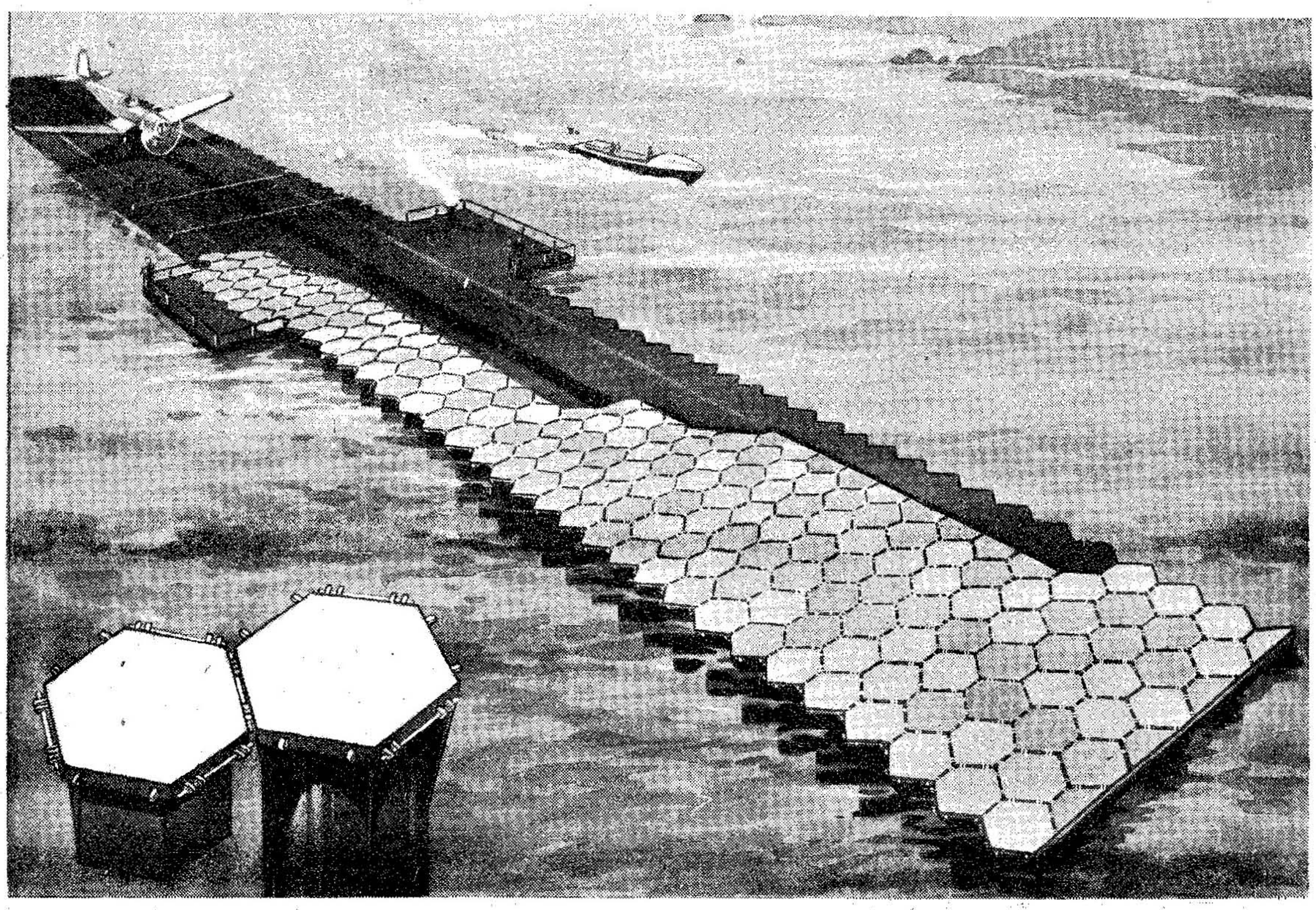


FIG. 1. — L'ATTERRISSAGE D'UN AVION SUR L'AÉRODROME FLOTTANT « LILY » A LAMLASH. A GAUCHE, DÉTAIL DE L'ASSEMBLAGE DES FLOTTEURS

JETÉES ET AÉRODROMES FLOTTANTS

par H. F.

Le débarquement de Normandie a mis en œuvre une foule de moyens extrêmement ingénieux qui ont permis l'équipement et le ravitaillement des ports artificiels de la Manche. Une de ces inventions vient d'être révélée par la presse anglaise ; c'est le *Swiss roll* (rouleau suisse), sorte de long ruban enroulé comme un tapis pour son transport à bord des navires et qui, déployé et tendu sur l'eau, est capable, malgré son apparente fragilité, de porter des camions de 9 t.

Le *Swiss roll* est un assemblage de bois et de toile très forte, rigide dans le sens transversal et souple dans le sens longitudinal, qui constitue une surface flottant sur l'eau. Il est soumis à une tension longitudinale de 18 à 30 t. Quand on pose un poids sur cette surface, il tend à l'enfoncer dans l'eau, mais, comme le ruban est très tendu, la pression se répartit sur une grande longueur. L'eau oppose à cette pression une résistance qui provient en partie de la poussée statique d'Archimède et en partie de son inertie. Si on lance un véhicule sur la piste de toile ainsi tendue sur l'eau, on constate qu'il est d'autant mieux porté qu'il va plus vite.

La figure 2 représente une jetée flottante réalisée sur le principe du *Swiss roll*. Le port artificiel d'Arromanches ne comportait pas moins de 9 km de ces jetées flottantes qui ont permis le déchargement des navires par les temps les plus durs.

Le principal avantage de cette solution est sa légèreté (le *Swiss roll* pèse vingt fois moins qu'un pont Bailey) (1) et la rapidité avec laquelle il peut être installé.

L'inventeur du *Swiss roll*, Hamilton, a également étudié un aérodrome flottant dont les essais, effectués par l'Amirauté anglaise, auraient

(1) Voir : « La bataille des ponts » (*Science et Vie*, n° 322, mai 1945).

été très satisfaisants. Cet aérodrome a reçu le nom de « Lily ». Il est constitué par des flotteurs cylindriques ou prismatiques qui portent à leur partie supérieure des éléments de surface hexagonaux, légèrement plus larges que la base des flotteurs. Ces éléments sont assemblés de façon à réaliser un dessin analogue à celui des cellules d'une ruche, à l'aide de charnières qui maintiennent entre eux un certain jeu. La surface flottante ainsi réalisée est souple et suit les ondulations de la mer tout en étant stabilisée dans une certaine mesure. Dans la zone où l'avion prend contact avec l'île flottante ou décolle de celle-ci, on exige de la surface une stabilité maximum. Les éléments hexagonaux sont alors portés par des flotteurs de grand tirant d'eau. Dans la zone où l'avion a déjà perdu de sa vitesse et où les ondulations de l'île présentent moins d'inconvénients, on peut se contenter de flotteurs de faible tirant d'eau.

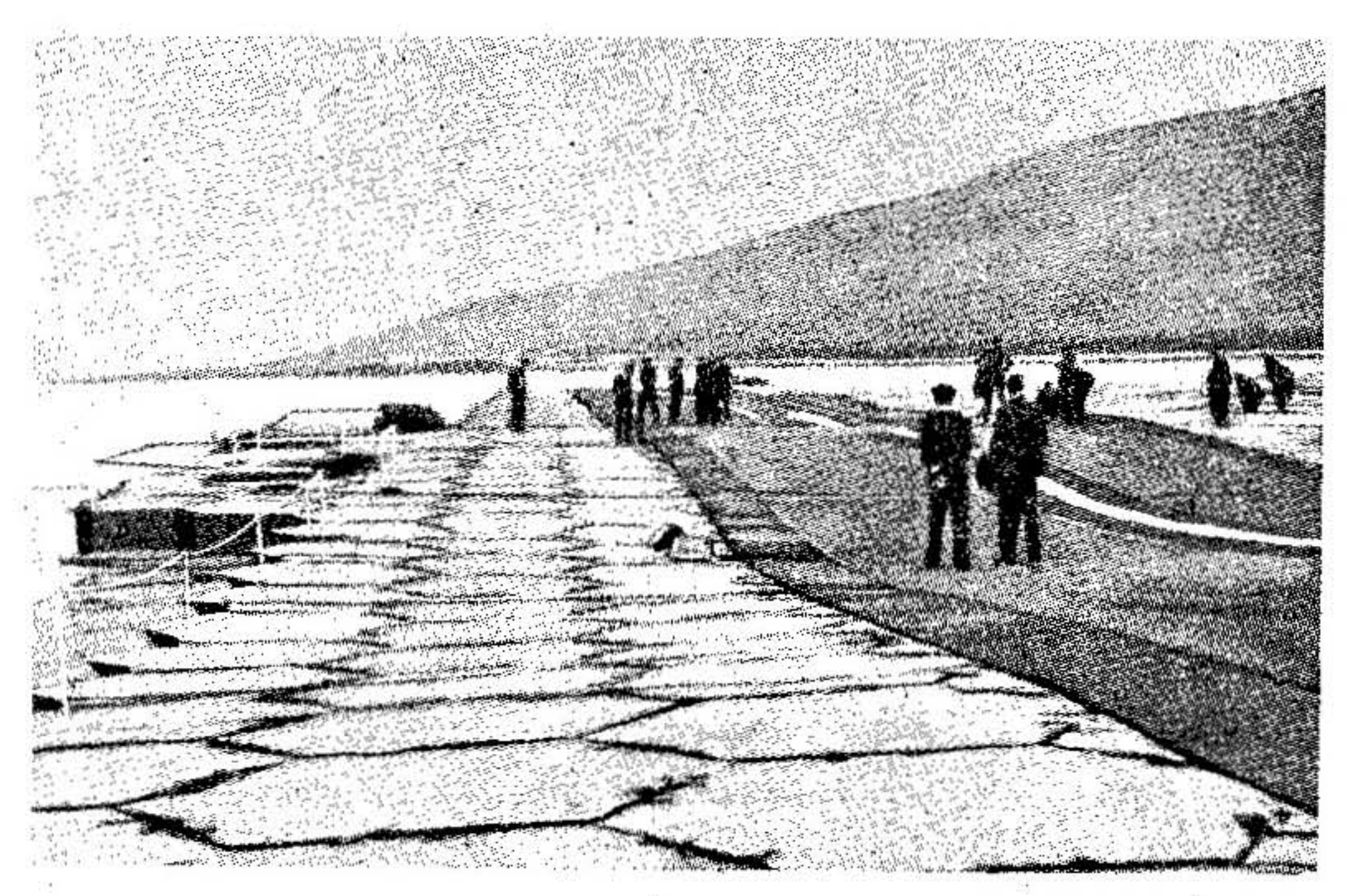


FIG. 3. — VUE DE L'AÉRODROME FLOTTANT « LILY » PENDANT SA CONSTRUCTION.

Le poids maximum des appareils qui peuvent se poser sur l'île flottante ou en décoller dépend évidemment des dimensions des flotteurs. L'aérodrome essayé par l'Amirauté britannique à Lamlash était calculé pour permettre l'atterrissage et le décollage d'avions relativement légers (4,5 t) du type Fairey « Swordfish » ou Fairey « Albacore ». Il pouvait être abordé indifféremment par l'une ou l'autre extrémité. Les éléments hexagonaux avaient 2 m de diamètre. Ils étaient portés par des flotteurs cylindriques de 4,3 m de hauteur aux extrémités de l'île, dans la partie du trajet exigeant le maximum de stabilité, et, pour le reste de la surface, par des flotteurs de 1 m de hauteur. Il avait 175 m de longueur et 20 m de largeur, à peu près la taille d'un porte-avions moyen. Sa construction peut être effectuée en une heure par 40 ouvriers, à l'aide de 1 100 flotteurs. Il peut être équipé de dispositifs de freinage des appareils à l'atterrissage.

On peut évidemment envisager sans plus de difficulté la construction d'îles flottantes plus vastes et supportant un poids plus considérable : ces îles, judicieusement réparties sur les océans, pourraient servir d'aérodromes de secours pour les avions transatlantiques. Et ainsi la construction des îles flottantes océaniques, pour lesquelles on avait longtemps envisagé des solutions grandioses, mais coûteuses, pourrait se trouver simplifiée. Ces îles pourraient servir de relais et de bases de ravitaillement pour les avions de tourisme ou pour des avions militaires à rayon d'action limité (chasseurs). Afin de réduire le poids des avions de transport au décollage et d'augmenter leur charge utile, on pourrait également envisager leur ravitaillement en vol en plusieurs points de leurs parcours, jalonnés par des aérodromes flottants.

On peut même concevoir des ouvrages d'art très importants, tels qu'un pont franchissant la Manche, qui se trouveraient réalisés ainsi avec le minimum de frais.

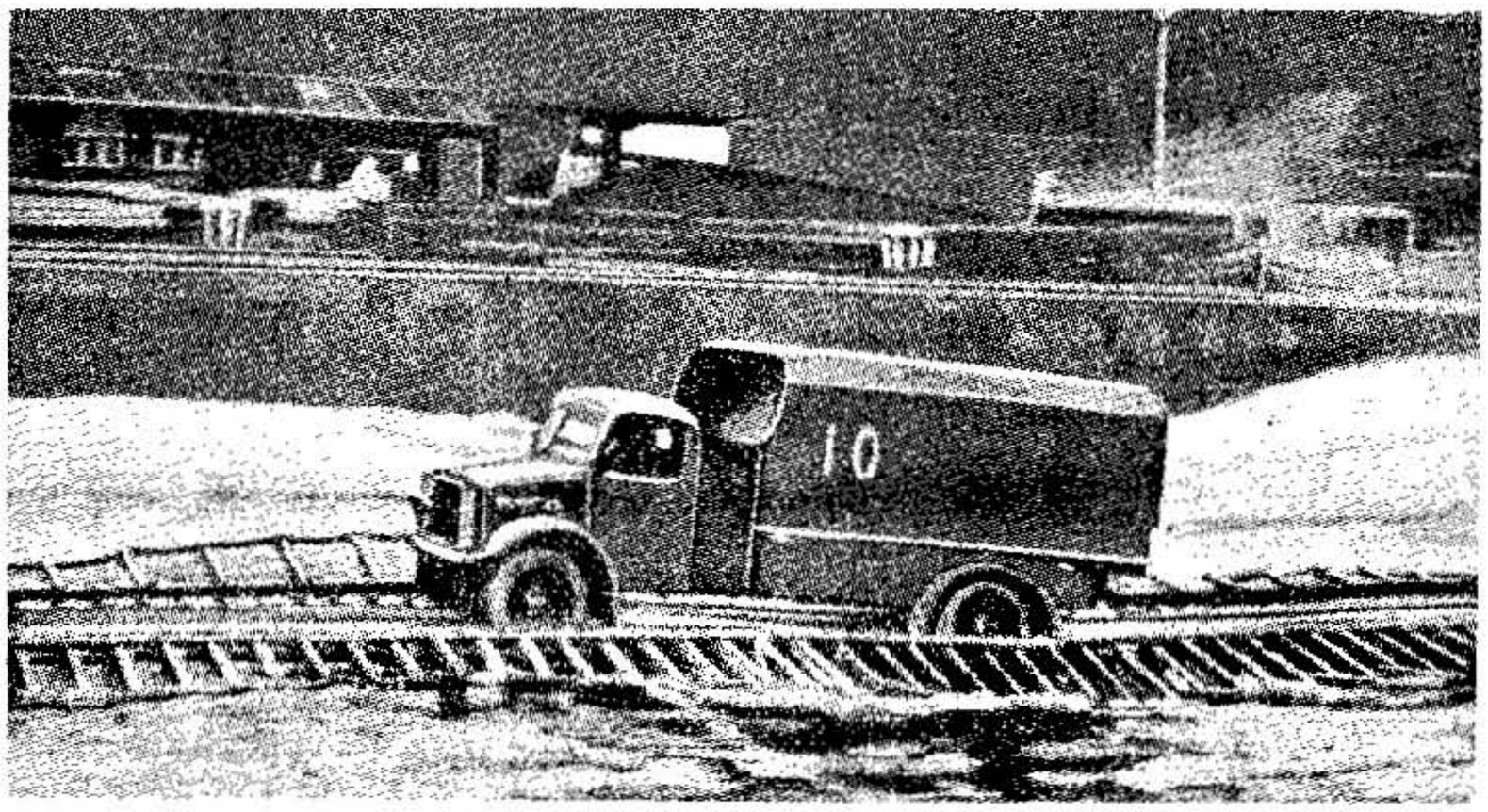


FIG. 2. — UN CAMION FRANCHISSANT UNE JETÉE FLOTTANTE CONSTRUITE SUIVANT LE PRINCIPE DU « SWISS ROLL ».

COMMENT FURENT VAINCUS LES PORTE-AVIONS JAPONAIS

par Pierre BELLEROCHE

En mai 1942 eut lieu dans la mer de Corail une bataille d'un genre entièrement nouveau dans l'histoire navale : les flottes américaine et japonaise en présence ne se trouvèrent à aucun moment à portée de l'artillerie principale des navires de ligne, et seuls les avions embarqués prirent part au combat. Ce genre de bataille s'est répété tout au long de la guerre du Pacifique, et c'est en définitive le nombre et la qualité des porte-avions et des appareils embarqués qui ont décidé du sort de cette guerre, les États-Unis ayant pu produire cent vingt porte-avions (de ligne et d'escorte) contre vingt-sept porte-avions japonais (de ligne et d'escorte), et les navires américains ayant surclassé les navires japonais grâce à leur protection excellente et à la supériorité de leur aviation embarquée.

Le rôle prépondérant du porte-avions dans la guerre moderne

Il est admis aujourd'hui que le navire porte-avions a définitivement pris la première place dans le corps de bataille d'une flotte moderne.

La Marine britannique fut la première à démontrer, en Atlantique et en Méditerranée, quel parti on pouvait tirer du nouveau type de bâtiment, ceci malgré des appareils surannés et insuffisants en nombre : raid sur la flotte italienne au mouillage de Tarente (1940), interception du *Bismarck* (1941), passage des convois de Malte (1). Mais il ne s'agissait alors que d'une guerre de porte-avions *unilatérale*, l'Axe ne disposant pas de porte-avions en Europe. Il a fallu attendre la guerre du Pacifique pour assister aux premières batailles entre porte-avions, à leur utilisation *bilatérale* par les deux adversaires et à la cristallisation de leur doctrine d'emploi.

Au cours de la guerre 1941-1945 dans le Pacifique, la Marine japonaise a utilisé vingt-sept navires porte-avions : dix existant en décembre 1941, et dix-sept construits entre 1942 et 1945. Si le Japon fut finalement battu, c'est que la Marine américaine put, tout d'abord, au cours de l'année 1942, « tenir le coup » et infliger des pertes sérieuses à la flotte aéronavale nippone, qui se révéla fragile. L'U. S. Navy y réussit à la fois grâce à une meilleure protection de ses navires à plate-forme et à la supériorité technique de ses avions embarqués, en particulier de ses chasseurs. A partir de la fin de 1943, la supériorité numérique de la Marine américaine en porte-avions vint s'ajouter à la qualité à un point tel que la lutte devint impossible à la Marine du Tenno (c'est par ce nom que les Japonais désignent leur Empereur).

Maîtresse du Pacifique, l'U. S. Navy fut alors en mesure de s'emparer de trois bases aéronavales importantes à proximité du Japon : les Mariannes, Iwo-Jima et Okinawa, d'où l'aviation terrestre des États-Unis put pilonner jusqu'à saturation les villes nippones. Enfin, ce sont les porte-avions américains qui, en juillet 1945, viendront détruire dans leur mouillage les derniers porte-avions japonais réfugiés dans les ports de la mer Intérieure.

En dépit de l'effet moral de la bombe atomique, c'est en premier lieu l'élimination de ses porte-avions qui conduisit le Tenno à la capitulation. A ce sujet, la leçon technique qui se dégage de l'expérience japonaise est que le porte-avions est un navire dont la construction doit être tout aussi soignée dans sa protection que celle d'un bâtiment de ligne.

1941 : dix contre deux
1942 : douze contre sept

Avant la guerre, la puissance du Japon en porte-avions avait été sous-estimée. On sait maintenant que, pour l'attaque de Pearl Harbor du 7 décembre 1941, la Marine du Tenno disposait de dix porte-avions, au lieu des huit indiqués dans les annuaires navals. Les deux derniers : *Zuiho* et *Shoho* venaient secrètement d'entrer en service quelques semaines avant l'agression de Pearl Harbor.

Le 7 décembre 1941, l'U. S. Navy comptait six porte-avions en service ; l'un d'eux était indisponible (le *Saratoga*, en grande refonte à San-Diego). Un septième, le *Hornet*, était en armement. Circonstance aggravante, trois porte-avions étaient détachés dans les eaux européennes : *Wasp*, *Ranger* et *Yorktown*. Il ne restait donc pratiquement disponibles dans le Pacifique que les deux porte-avions *Enterprise* et *Lexington*.

Pour ces deux porte-avions, portant 150 avions américains, les Japonais disposaient de dix porte-avions représentant 500 appareils embarqués. La supériorité immédiate japonaise était donc de 3,5 contre 1.

Outre ces dix bâtiments, deux porte-avions

(1) Voir : « Les porte-avions en Méditerranée » *Science et Vie*, n° 284, avril 1941).

de combat allaient entrer en service au début de 1942, ce qui devait faire *douze* porte-avions japonais pour *sept* porte-avions américains.

Les douze porte-avions japonais de 1941-1942 étaient répartis en cinq divisions :

La *1re division* comprenait deux porte-avions de combat : le *Kaga* et l'*Akagi* de 26 000 t (en service depuis 1926).

La *2e division* était composée des porte-avions légers d'escadre *Soryu* et *Hiryu* de 10 500 à 13 000 t (entrés en service en 1938-1939).

La *3e division*, constituée en porte-avions d'escorte, était affectée à l'entraînement et au transport d'avions. En faisaient partie le plus ancien des porte-avions nippons, le *Hosho*, et le *Zuiho* (ancien pétrolier de 12 000 t transformé en 1940). Enfin, le porte-avions d'escorte *Otaka* (ex-paquebot *Kasuga Maru*), en cours de transformation, devait rejoindre cette division.

La *4e division* était en cours de formation. Les deux porte-avions de combat qui devaient la composer étaient encore en achèvement, *Hitaka* et *Hayataka*. Ces deux porte-avions provenaient de la transformation de deux coques de paquebots de 27 000 t, qui fut achevée au printemps de 1942. La division était complétée par le petit porte-avions léger *Ryujo*, datant de 1933.

La *5e division*, enfin, comprenait les deux porte-avions de combat les plus récents, le *Shokaku* et le *Zuikaku*, de 29 800 t, ainsi que le porte-avions légers *Shoho*, de 15 000 t (ancien pétrolier rapide transformé et jouant le rôle de porte-avions léger d'escadre plutôt que de porte-avions d'escorte).

Les aéronefs embarqués sur ces unités comprenaient des chasseurs Mitsubishi type zéro, des bombardiers en piqué Aichi 99 et des avions-torpilleurs Nakajima 97. Avions-torpilleurs et bombardiers en piqué étaient en général en nombre supérieur à celui des chasseurs.

Attaque de Pearl Harbor (7 décembre 1941)

Elle fut effectuée par six porte-avions de combat des 1re, 2e et 5e divisions, c'est-à-dire *Kaga* (bâtiment amiral), *Akagi*, *Soryu*, *Hiryu*, *Shokaku*, *Zuikaku* : 400 appareils étaient embarqués sur ces unités, soit 112 chasseurs, 156 bombardiers-piqueurs, et 132 torpilleurs. L'expédition fut favorisée par un temps couvert.

Sur le chemin du retour, les deux porte-avions de la 2e division *Soryu* et *Hiryu* furent détachés pour participer à l'attaque de l'île Wake, puis tous les bâtiments rentrèrent à Kure.

L'invasion des Indes Néerlandaises (janvier-février 1942)

Dans les premiers jours de janvier 1942, les 1re et 2e divisions (*Kaga*, *Akagi*, *Hiryu* et *Soryu*) appareillent du Japon vers les îles Palau qui devinrent leur base avancée pour les opérations d'invasion de Bornéo, les Moluques, Célèbes et Timor, couvrant vers l'est la conquête des Philippines.

Le 19 février 1942, cette force nippone descendit vers le sud jusque dans la mer de Timor et lança une forte attaque sur Port Darwin, port de rassemblement des convois alliés affectés à l'évacuation de Singapour, de Sumatra et de Bornéo.

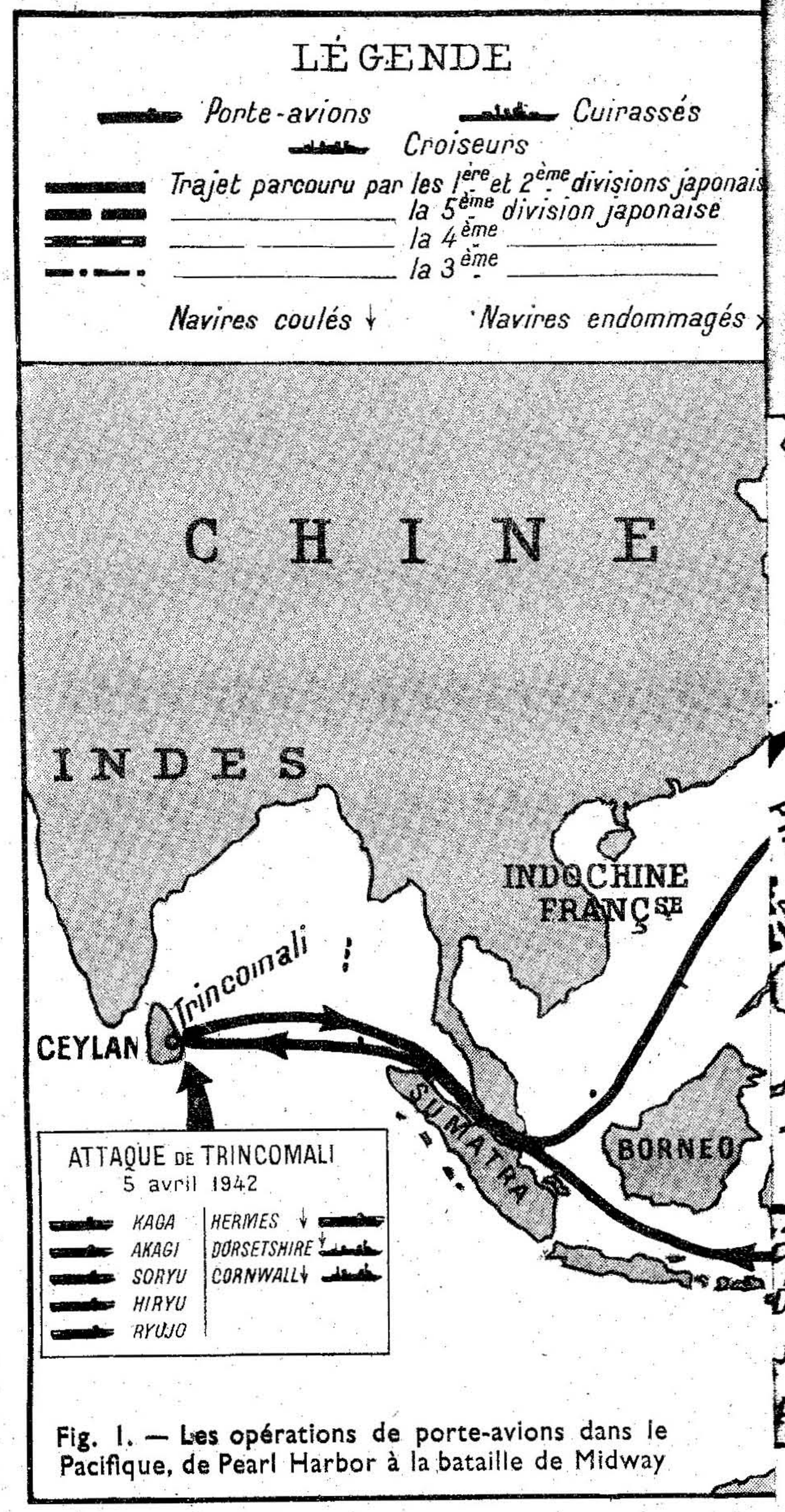
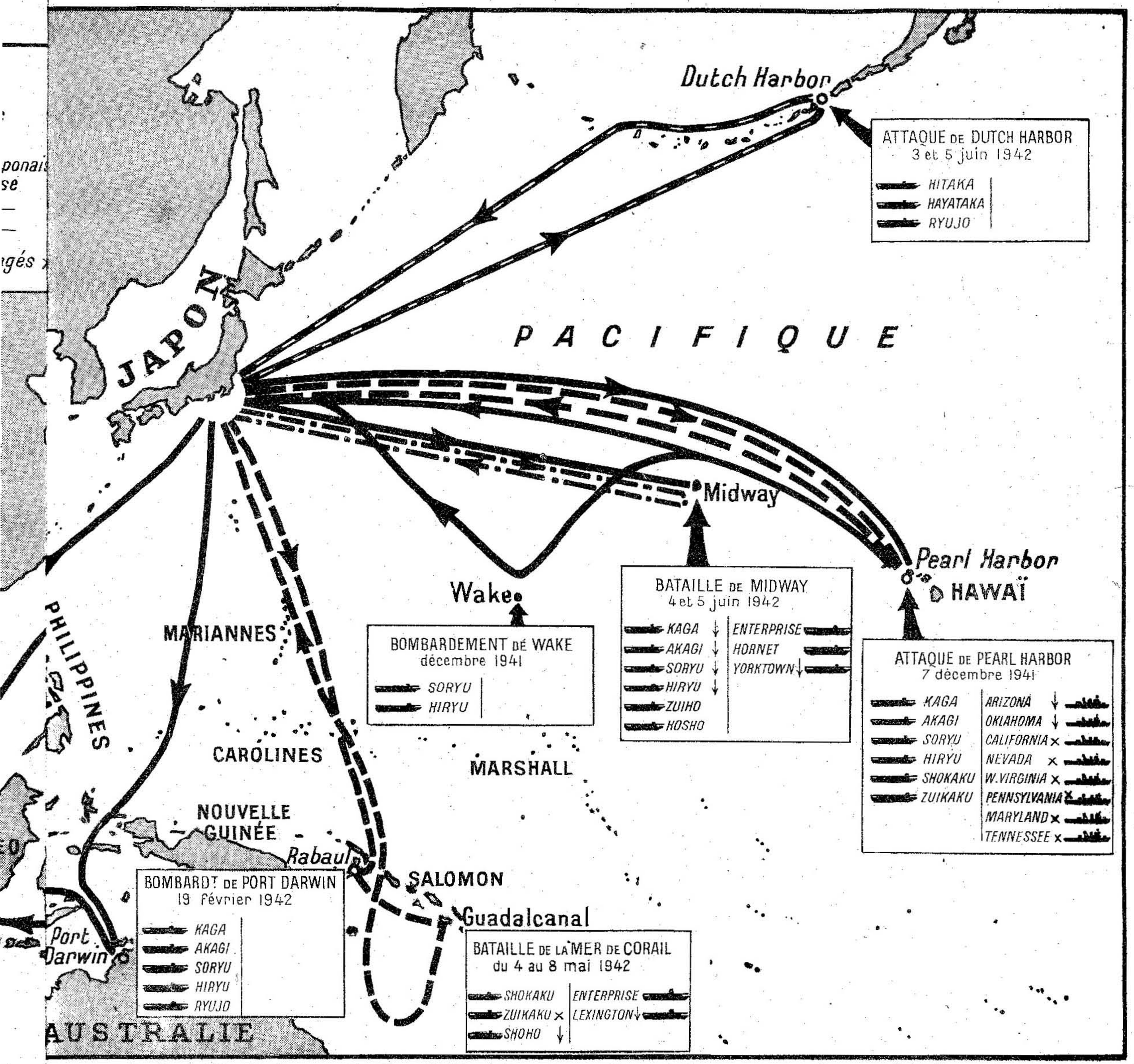


Fig. 1. — Les opérations de porte-avions dans le Pacifique, de Pearl Harbor à la bataille de Midway

Le raid dans l'océan Indien (4 au 10 avril 1942)

Vers la fin du mois de mars, les mêmes quatre porte-avions (*Kaga*, *Akagi*, *Hiryu*, *Soryu*), renforcés par le porte-avions léger *Ryujo* et accompagnés du cuirassé *Nagato*, traversèrent le détroit de Singapour et pénétrèrent dans le golfe du Bengale.

Ils s'attaquèrent, le 5 avril, aux installations de Ceylan et à la flotte britannique basée sur Trincomali, coulant au moyen de leurs bombardiers en piqué les croiseurs *Dorsetshire* et *Cornwall*, qui escortaient un convoi au sud de Ceylan, et le porte-avions *Hermes*, surpris au sud-est de l'île. Ayant repoussé avec succès les attaques de l'aviation anglaise basée sur Ceylan, cette flotte se retira sur Singapour et rentra au Japon afin de se préparer pour la future attaque contre Midway.



La bataille de la mer de Corail (4 au 8 mai 1942). Deux porte-avions contre trois

La 5e division (*Shokaku*, *Zuikaku* et *Shoho*) avait appareillé du Japon en janvier 1942 pour Truk dans les Carolines. Basée sur ce grand atoll — le Pearl Harbor japonais — elle participa activement au débarquement japonais dans l'archipel Bismarck (prise de Rabaul le 23 janvier 1942), puis en Nouvelle-Guinée (occupation des aérodromes de Laé et de Salamaoua le 8 mars) et dans les Salomon (Bougainville 26 mars, Choiseul 6 avril, Guadalcanal et Tulagi fin avril).

C'est la 5e division, *Shokaku*, *Zuikaku*, *Shoho*, qui fut chargée d'escorter les deux convois, l'un ayant comme objectif de débarquer à Port-Moresby sur la côte sud de la Nouvelle-Guinée, et clef de l'Australie, l'autre arrivé à Tulagi, et destiné vraisemblablement à la conquête des Nouvelles-Hébrides, sinon de Nouméa.

Devant la menace qui se précisait contre l'Australie, l'Amirauté américaine avait dépêché, dès la fin de février, en Nouvelle Calédonie les deux porte-avions *Lexington* et *Enterprise*, et, dès le 10 mars, cette Task Force de porte-avions avait attaqué Laé et Salamaoua. Le 4 mai, elle détruisit le convoi rassemblé à Tulagi. Le 7 mai, les avions du *Lexington* et du *Yorktown* surprennent le convoi nippon destiné à Port-Moresby au moment où il commençait de traverser l'archipel de la Louisiade, par le passage de Jomard, pour pénétrer dans la mer de Corail. Pour la première fois dans l'histoire de la guerre navale, on assista à un nouveau genre de combat livré à coups d'avions, hors de portée de canon. Le *Shoho* reçut la concentration des attaques des avions américains et fut coulé en quelques minutes. Le convoi japonais fit demi-tour ; l'Australie était sauvée. Le lendemain 8 mai, un nouveau combat entre porte-avions s'engagea et le *Shokaku* fut endommagé gravement en même temps que le *Lexington*.

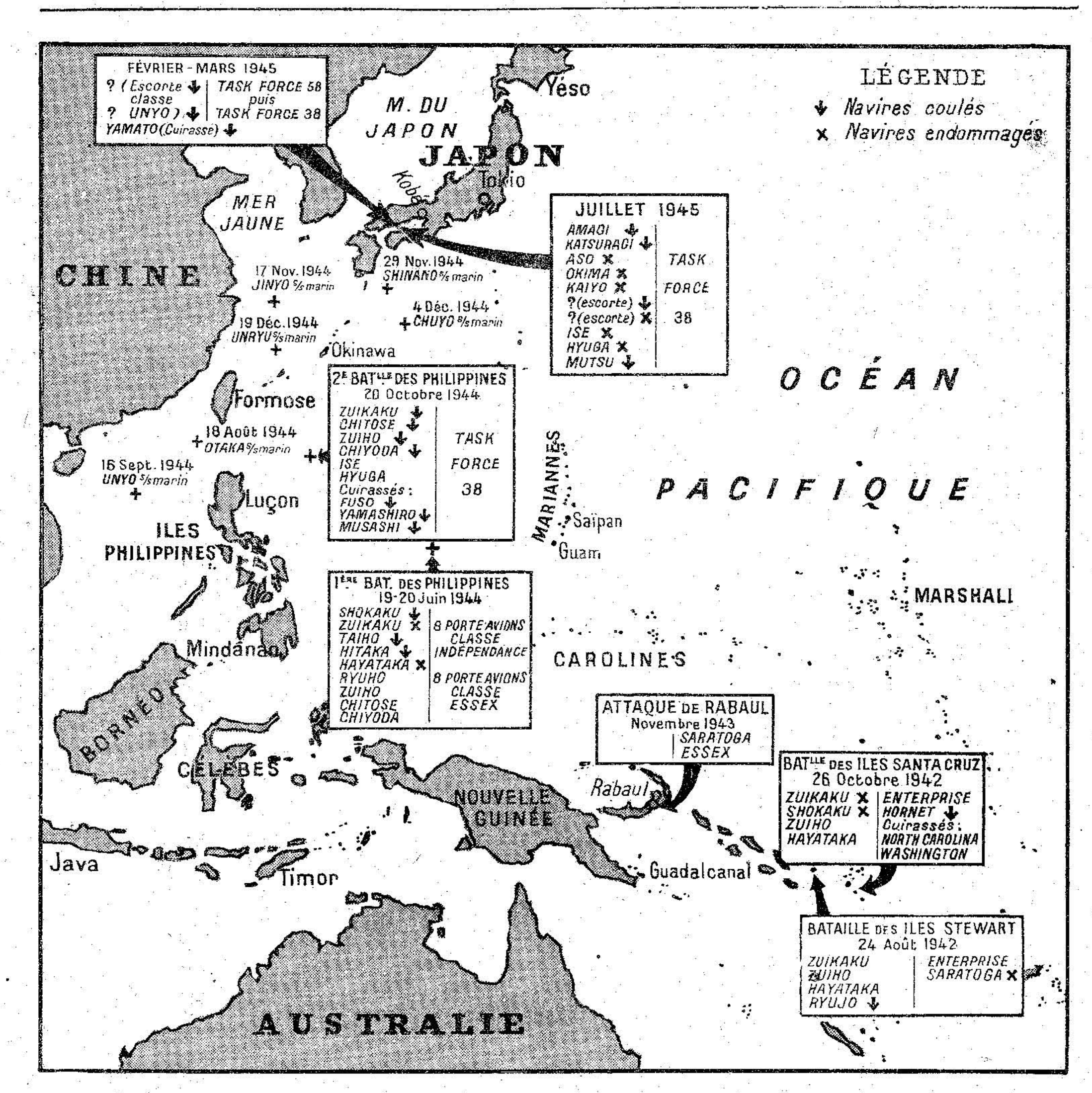


FIG. 2. — LES PORTE-AVIONS DANS LE PACIFIQUE DE LA BATAILLE DE MIDWAY A LA CAPITULATION DU JAPON

Le *Lexington* coula par la suite, mais le *Shokaku* put rentrer au Japon, escorté par le *Zuikaku*, pour s'y faire réparer.

La bataille décisive de Midway (4 et 5 juin 1942)

Trois porte-avions contre six

Depuis avril 1942, le haut commandement nippon préparait l'expédition contre Midway, sentinelle des Hawaï. Le débarquement était prévu pour le 5 juin 1942. La flotte d'escorte du convoi des troupes comprenait les 1re et 2e divisions de porte-avions (c'est-à-dire les quatre porte-avions de ligne *Kaga*, *Akagi*, *Soryu*, *Hiryu*, accompagnés par les porte-avions légers *Zuiho* et *Hosho*). Cette force de six porte-avions se heurta aux trois porte-avions américains *Enterprise*, *Yorktown*, *Hornet*, ainsi qu'aux bombardiers basés sur Midway. La bataille aéronavale qui s'ensuivit, qui fut un désastre pour la flotte nippone, marqua un tournant décisif dans la guerre du Pacifique. Le *Kaga*, l'*Akagi*, touchés par les bombes des avions, furent détruits par les incendies qui en résultèrent. Le *Soryu* et l'*Hiryu* réussirent à couler le porte-avions américain *Yorktown*, mais le *Hiryu* fut coulé et le *Soryu*, avarié et incendié, fut achevé par les torpilles du sous-marin américain *Nautilus*.

Pour se prémunir contre l'attaque des avions-torpilleurs américains qui avaient coulé le *Shoho* à la bataille de la mer de Corail, les Japonais avaient disposé leurs chasseurs à basse altitude, et, de ce fait, l'aviation de torpillage américaine subit de lourdes pertes. Mais cette manœuvre découvrait la protection en altitude et l'attaque des bombardiers en piqué à la verticale put être très efficace.

La perte du *Kaga* et de l'*Akagi*, qui décapitait la force de soutien, entraîna la retraite du convoi japonais. Cette retraite aurait été désastreuse

sans des grains de pluie qui gênèrent l'aviation américaine. Ainsi disparurent d'un seul coup les quatre porte-avions composant les 1re et 2e divisions de porte-avions japonais, ainsi que 250 avions embarqués.

La diversion sur les Aléoutiennes

L'attaque de Midway avait été précédée d'une diversion sur les Aléoutiennes. Les 3 et 5 juin, la 4e division de porte-avions (*Hitaka, Hayataka*, qui venaient d'entrer en service, et le *Ryujo*) attaque Dutch-Harbor. Cette opération était en outre destinée à couvrir les débarquements effectués dans l'île de Kiska et dans l'île d'Attu. Mais la flotte américaine ne se laissa pas détourner par cette feinte et elle concentra ses porte-avions sur la flotte qui attaquait Midway.

Réorganisation des escadres de porte-avions en juin 1942

A la suite des lourdes pertes éprouvées au cours des batailles de la mer de Corail et de Midway (à savoir cinq porte-avions), l'état-major japonais fut amené à réorganiser ses escadres de porte-avions. Il n'y a plus que deux divisions : la première, composée du *Shokaku*, du *Zuikaku*, du *Ryuzio* et du *Zuiho*, et la deuxième, composée du *Hitaka*, du *Hayataka*. Celle-ci fut renforcée ultérieurement par le *Ryuho* (ce dernier résultait de la transformation en porte-avions du ravitailleur de sous-marins *Taigei*, de 15 000 tonnes).

L'aviation embarquée sur ces six porte-avions comprenait 312 appareils, parmi lesquels 150 chasseurs, 90 bombardiers et 72 avions-torpilleurs.

Les deux batailles de mai et de juin 1942 ayant démontré la supériorité de la chasse américaine, les Japonais s'étaient empressés d'augmenter le nombre de chasseurs embarqués. D'autre part, ils avaient été amenés à adopter, profitant de l'exemple donné par les Américains à Midway, une nouvelle tactique de combat qui consistait à neutraliser la D. C. A. adverse à l'aide des bombardiers en piqué avant l'attaque des avions-torpilleurs ; d'où le nombre plus important de bombardiers en piqué embarqués sur les bâtiments nippons. Enfin, en étudiant de près la bataille de la mer de Corail, où les avions américains avaient concentré leurs attaques sur le seul *Shoho*, négligeant le *Shokaku* et le *Zuikaku*, les Japonais avaient conçu l'idée tactique de détacher un porte-avions naviguant isolément devant le gros de la force pour servir d'appât aux attaques ennemies.

La bataille de porte-avions des îles Stewart (24 août 1942). Quatre porte-avions contre deux

Les deux nouvelles divisions de porte-avions japonais furent utilisées au cours des tentatives effectuées par les Japonais pour reprendre Guadalcanal où les Américains avaient débarqué le 7 août 1942. La première tentative eut pour résultat la bataille des Salomon orientales ou des îles Stewart (24 août). Les deux divisions japonaises comprenaient les *Zuikaku, Zuiho, Hayataka, Ryujo*. Elles étaient amputées du *Shokaku*, en réparation depuis la bataille de la mer de Corail, et du *Hitaka*, qui était en carénage. L'ensemble se heurta aux deux porte-avions *Saratoga* et *Enterprise*. Le *Ryujo*, en grand'garde et servant d'appât, fut surpris par les bombardiers en piqué du *Saratoga* et coulé. Les appareils décollant du gros de la force nippone réussirent à infliger quelques dégâts légers à l'*Enterprise*, mais plus sérieux au *Saratoga* qui devint indisponible.

La bataille de porte-avions des îles Santa-Cruz (26 octobre 1942). Quatre porte-avions contre deux

Les porte-avions japonais essayèrent une deuxième fois de se frayer un chemin vers Guadalcanal (cette fois avec le renfort du *Shokaku* réparé). De nouveau, ils furent arrêtés par l'*Enterprise* et le *Hornet*, et ce fut la bataille de Santa-Cruz, les 25 et 26 octobre 1942. Pendant que le *Hayataka* tentait d'attirer l'aviation américaine, le gros japonais, composé de la 1re division (*Shokaku, Zuikaku, Zuiho*), dirigeait ses coups contre les porte-avions américains. Encore une fois, la ruse nippone ne réussit pas. Les avions américains endommagèrent le *Shokaku* et le *Zuikaku*, lesquels perdirent la plupart de leurs appareils. Du côté américain, le *Hornet* fut coulé.

A la bataille des îles Santa-Cruz, 182 avions japonais furent abattus. Trois cuirassés américains de type récent, le *North Carolina*, le *South Dakota* et le *Washington*, escortaient les porte-avions américains et la puissante D. C. A. de ces trois cuirassés contribua à faire subir de lourdes pertes à l'aviation du *Shokaku* et du *Zuikaku*.

Insuffisance des porte-avions japonais (novembre 1942). Crise de pilotes et d'avions

A la suite de la bataille des îles Santa-Cruz (26 octobre 1942), ne restaient disponibles comme porte-avions de combat, du côté japonais, que le *Hayataka* et l'*Enterprise* du côté américain (1). Les Nippons se résignèrent à utiliser leurs cuirassés. Telle fut la bataille de Tassafaronga (nuits du 13 et du 15 novembre) qui tourna au désastre pour les Japonais et leur fit perdre, avec les deux cuirassés *Hiyei* et *Kirishima*, tout espoir de reprendre Guadalcanal.

Les pertes en porte-avions ne suffisent pas à elles seules à expliquer l'inactivité prolongée des porte-avions japonais à partir de l'automne 1942 et au cours de l'année 1943, car trois nouveaux porte-avions d'escorte entrèrent en service à la fin de 1942 : l'*Otaka*, le *Chuyo*, paquebots de 20 000 t convertis et le *Unyo*, de 15 000 t.

En 1943, deux autres porte-avions d'escorte rejoignirent la flotte impériale : le *Chitose* et le *Chiyoda*, de 12 000 t, résultant de la transformation de deux porte-hydravions. Néanmoins, l'inactivité des porte-avions japonais va durer jusqu'en décembre 1943. On peut en conclure que ce sont les pertes très lourdes en pilotes et en appareils subies au cours des batailles de 1942 qui désorganisèrent l'aéronautique navale nippone. Les pilotes de la Marine impériale comptaient parmi les meilleurs du Japon et le

(1) Le *Wasp* avait été coulé par un sous-marin japonais, le 16 septembre 1942, alors qu'il escortait un convoi vers Guadalcanal.

taux de mortalité avait été tel qu'on n'arrivait plus à former des remplaçants en nombre suffisant. Par ailleurs, la Marine impériale ne pouvait plus également amortir les pertes en avions, le nombre des appareils livrés mensuellement à la Marine en 1942 n'ayant jamais dépassé 200.

Si, de leur côté, les Américains avaient vu disparaître successivement quatre porte-avions de combat : le *Lexington*, le *Yorktown*, le *Wasp* et le *Hornet*, leur situation était beaucoup moins critique en ce qui concerne les avions et les pilotes.

La crise d'avions chez les Japonais et de porte-avions chez les Américains a eu pour conséquence une pause dans les opérations navales qui se prolongea pendant les huit premiers mois de 1943.

La mise à terre de l'aviation embarquée faute de plates-formes

Pendant cette pause, les escadrilles aéronavales disponibles furent mises à terre et la lutte se fixa autour des aérodromes insulaires du Pacifique sud-ouest : Rabaul, Munda, Bougainville, Nouvelle-Guinée pour les Japonais les Salomon et les Nouvelles-Hébrides pour les Américains.

Avec leurs porte-avions d'escorte tels que le *Long Island* et le *Santee*, les Américains avaient réalisé les premiers cette mise à terre d'une unité d'aviation embarquée, sur l'aérodrome de Henderson à Guadalcanal, ce qui leur avait permis d'obtenir la maîtrise de l'air lors de la bataille décisive de Tassafaronga.

Les Japonais ne purent, faute d'avions, suivre leur exemple. Pendant les premiers mois de 1943, leurs porte-avions d'escorte restèrent affectés à l'entraînement des nouvelles formations de pilotes, tandis que les porte-avions de combat, faute de pilotes et d'appareils, étaient gardés en réserve à Truk, ou envoyés au Japon se recompléter en appareils.

Après le débarquement allié en Nouvelle-Géorgie, le 30 juin 1943, on vit les Japonais prélever les escadrilles du *Hitaka* et du *Hayataka* pour les envoyer de Truk vers Rabaul et Bougainville, tandis que ces deux porte-avions de combat restaient au mouillage de Truk. La 1re division de porte-avions (*Shokaku*, *Zuikaku*, *Zuiho*), qui avait été réarmée au Japon, descendit en juillet 1943 à Truk pour y être de même désarmée, et ses escadrilles furent amenées dans les îles de l'archipel Bismarck.

En novembre 1943, lors du débarquement allié à Bougainville, ces escadrilles de la 1re division, mises à terre, furent affectées à la défense de l'île, les porte-avions de la 2e division (*Hayataka*, *Hitaka*, auxquels s'était joint le *Ryuho*) retournèrent alors à l'entraînement à Singapour pour y recevoir de nouveaux appareils arrivés du Japon.

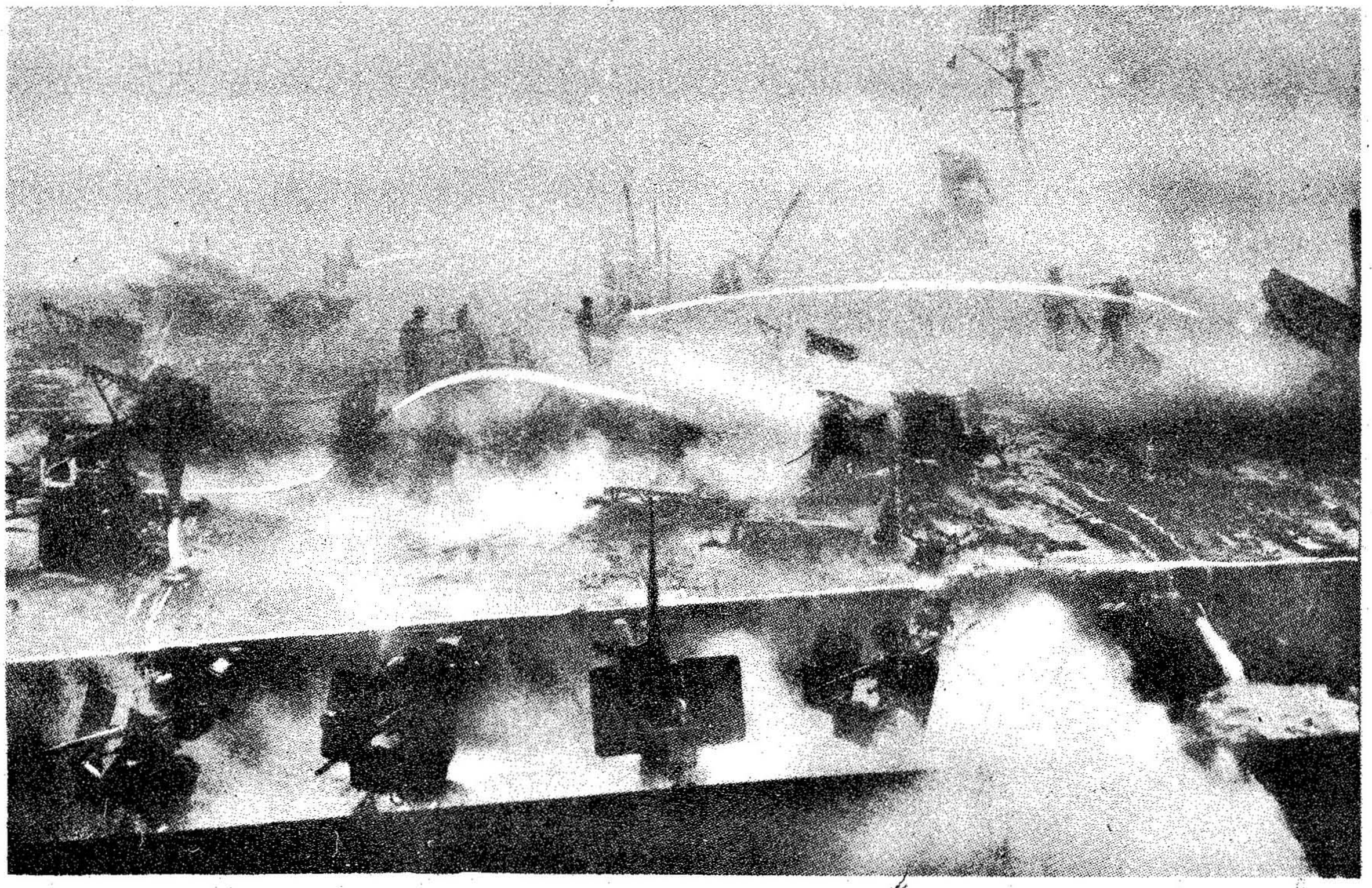


FIG. 3. — L'ÉQUIPAGE DU PORTE-AVIONS AMÉRICAIN « BUNKER HILL » LUTTE CONTRE L'INCENDIE QUI FAIT RAGE SUR LE PONT APRÈS L'ATTAQUE D'UN AVION-SUICIDE JAPONAIS

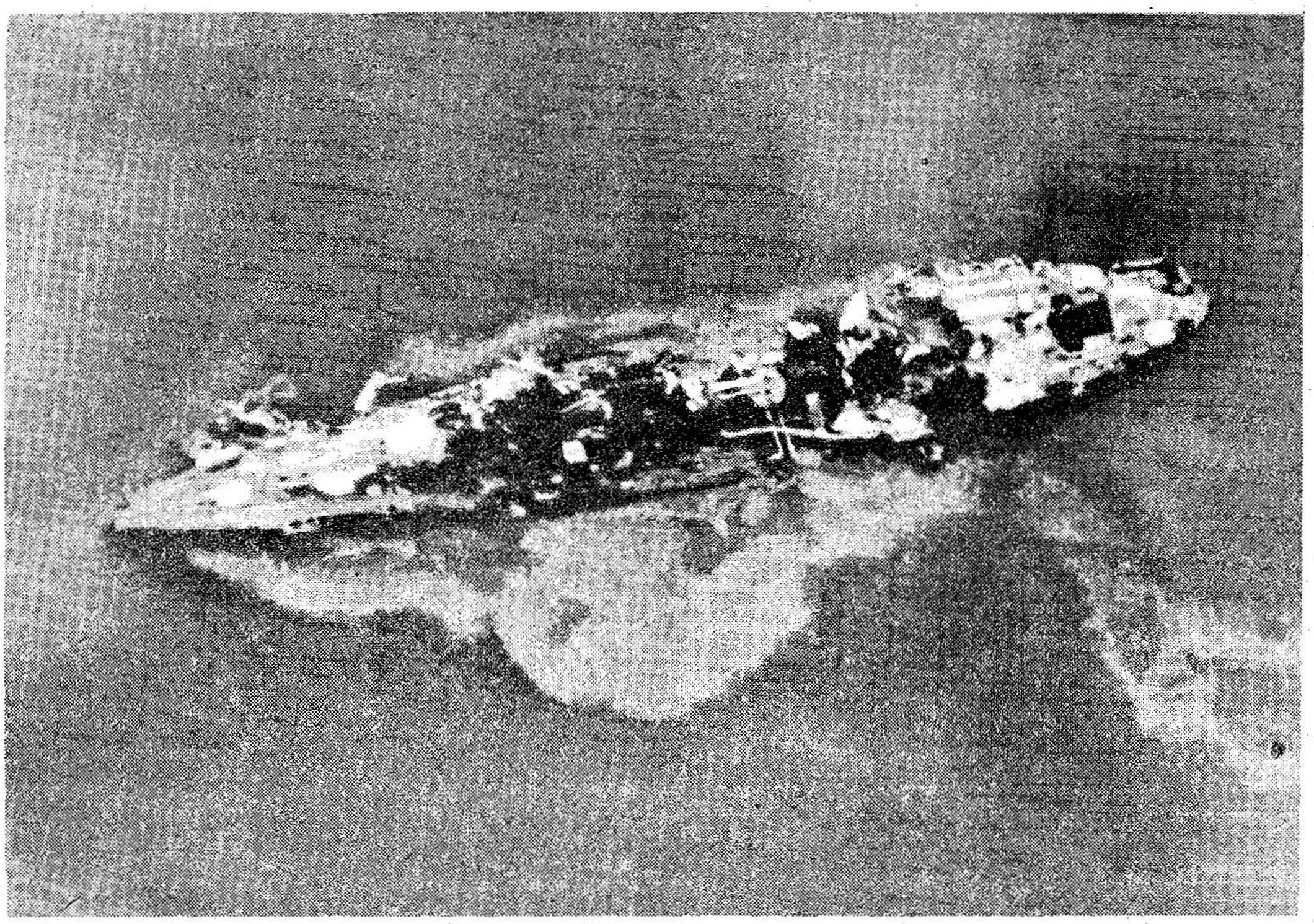


FIG. 4. — LE CUIRASSÉ « HYUGA », TRANSFORMÉ EN PORTE-AVIONS AUXILIAIRE, ÉCHOUÉ DANS LA MER INTÉRIEURE PRÈS DE NASAKE SHIMA

Ce navire d'un déplacement de 29 900 t. avait été doté d'une plate-forme d'envol et d'atterrissage par suppression des tourelles arrière d'artillerie. Il avait pris part sans dommage à la deuxième bataille des Philippines, mais avait dû se réfugier dans la mer Intérieure après la destruction presque totale de la flotte japonaise.

L'entrée en scène des nouveaux porte-avions américains : 1er septembre 1943

Le 1er septembre 1943 est une date importante dans l'histoire de la guerre des porte-avions du Pacifique. C'est le premier raid (sur Marcus) effectué avec les nouveaux porte-avions américains (classe *Essex* et classe *Independence*). Ce raid annonce le potentiel croissant en porte-avions de la Marine américaine.

En novembre 1943, la puissance des porte-avions américains commence à se faire sentir. Le 5 novembre, les appareils du *Saratoga* et de l'*Essex* endommagent gravement à Rabaul les croiseurs japonais au mouillage. Une nouvelle attaque sur Rabaul fut effectuée le 11 novembre par cette Task Force commandée par le contre-amiral Sherman. Au cours de cette attaque, la plupart des appareils de la 1re division de porte-avions japonais (une centaine environ, basés sur les aérodromes de Rabaul) furent perdus en assaillant, sans aucun succès, l'escadre américaine qui opérait au large de Bougainville.

Or, certains de ces appareils venaient juste d'être débarqués à Rabaul par le *Shokaku*. Puis, les restes des escadrilles de la première division remontèrent sur Truk à l'annonce du débarquement américain à Tarawa (Gilbert), le 21 novembre 1943 et, de là, gagnèrent les aérodromes des îles Marshall.

Les porte-avions de combat japonais stationnés à Truk (1943)

Ainsi, l'année 1943 a vu l'aviation navale japonaise utilisée sur les aérodromes insulaires du Pacifique sud-ouest, puis du Pacifique central, et les navires porte-avions servant de transport pour alimenter ces îles-aérodromes.

Après une période d'entraînement à Singapour, la 2e division, équipée avec des avions de types nouveaux, revint à Truk pour relever la 1re division. Au cours de nouveaux raids américains effectués, en janvier et février 1944, contre Rabaul, les escadrilles de la 2e division japonaise furent dépêchées à la défense de cette base : cette tentative, qui avait pour but de reprendre aux Alliés la maîtrise de l'air, échoua comme les précédentes et aboutit à de lourdes pertes en personnel et en matériel pour les escadrilles de la Marine impériale.

Reconstitution de la flotte des porte-avions japonais (début 1944)

Devant l'apparition des nouveaux porte-avions américains, les Japonais hâtèrent la construction de leurs nouveaux porte-avions de combat de la classe *Taiho* et convertirent hâtivement en porte-avions de grands paquebots tels le *Jinyo*, de 21 000 t, et le *Kaiyo*, de 17 000 t. Un porte-avions de combat de 30 000 t, le *Taiho*, fut mis en service.

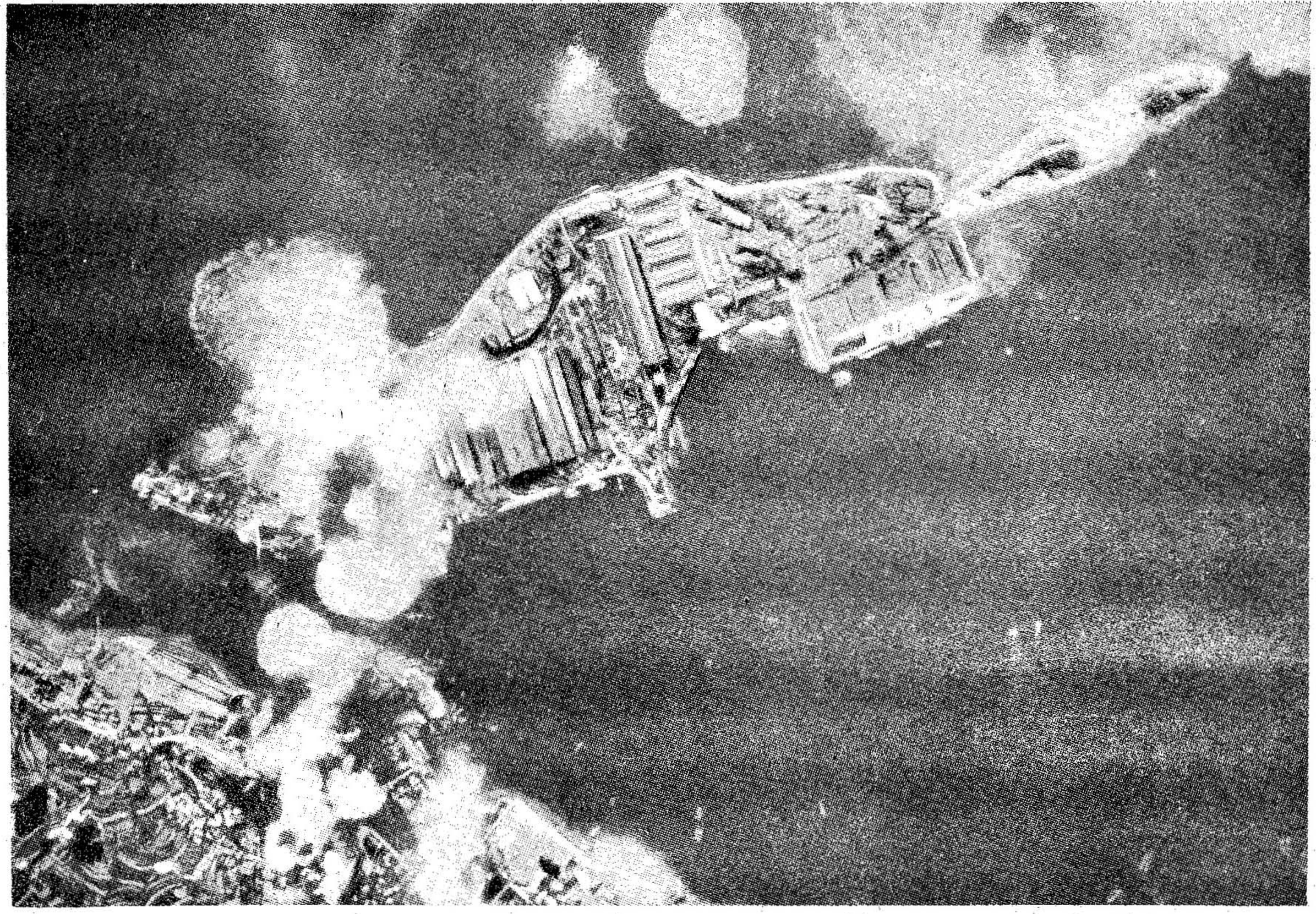


FIG. 5. — DEUX PORTE-AVIONS JAPONAIS ABRITÉS DANS LE PORT DE KURE ET SOIGNEUSEMENT CAMOUFLÉS SONT PRIS A PARTIE PAR LES BOMBARDIERS AMÉRICAINS

Il se trouva ainsi qu'au début de 1944 la Marine japonaise disposait de six porte-avions de combat, — lourds ou légers — quatre porte-avions d'escorte (sans compter l'*Hosho*, porte-avions école), soit dix unités. Réarmés avec du nouveau matériel et du personnel sortant de l'entraînement, les six porte-avions de combat furent groupés en trois divisions :

La *1re division* comprenait le *Shokaku*, le *Zuikaku*, tous deux de 29 800 t, et le nouveau porte-avions de combat de 30 000 t, le *Taiho* ; chacune de ces unités possédait 27 chasseurs, 27 bombardiers, 18 avions-torpilleurs et 3 avions de reconnaissance, soit 75 appareils par porte-avions, au total 225 avions.

La *2e division* comprenait les deux porte-avions de combat de 28 000 t *Hitaka* et *Hayataka*, complétés par le *Ryuho* de 15 000 t.

La *3e division* était formée de trois porte-avions d'escorte : le *Zuiho*, de 15 000 t, et le *Chitose* et le *Chiyoda*, de 12 000 t. Ces trois unités étaient armées chacune de 30 avions : 21 chasseurs et 9 avions-torpilleurs.

Enfin, une *4e division* devait grouper les deux cuirassés *Ise* et *Hyuga*, transformés en porte-avions mixtes. Ceux-ci furent équipés, au début de 1944, d'une sorte de pont d'envol sur l'arrière, par suppression de deux tourelles de 356 mm.

Ces porte-avions hybrides transportaient chacun 12 bombardiers et 12 avions de reconnaissance.

Au total, au printemps 1944, le nombre des appareils embarqués à bord des quatre divisions était de 500 : 225 chasseurs, 143 bombardiers, 99 avions-torpilleurs et 33 avions de reconnaissance. La flotte impériale japonaise, reconstituée en aviation navale, crut alors pouvoir se mesurer à la flotte américaine.

La bataille des îles Mariannes ou de la mer des Philippines (19 et 20 juin 1944). Quinze porte-avions américains contre six japonais

Le débarquement à Saïpan (îles Mariannes), le 14 juin 1944, amena une sortie de la flotte nippone à laquelle participèrent la 1re, la 2e et la 3e division de porte-avions. Mais celle-ci se heurta à la fameuse Task Force 58 commandée par le vice-amiral Mitscher et qui, elle, réunissait quinze porte-avions de combat (sept *Essex* et huit *Independence*) sans compter une dizaine de porte-avions d'escorte.

L'état-major général japonais avait concentré ses escadres dans la mer des Philippines, puis les fit remonter en direction des Mariannes. La bataille eut lieu dans l'ouest de Saïpan. Les appareils japonais commencèrent par attaquer le 18 juin la 5e flotte américaine qui couvrait le débarquement à Saïpan. Ces avions devaient se ravitailler sur les aérodromes voisins de Yap et de Guam. La 3e division de porte-avions japonais (constituée par les trois porte-avions d'escorte) devait tenter une diversion pendant que les 1re et 2e divisions de porte-avions de combat (*Shokaku*, *Zuikaku* et *Taiho* d'une part, *Hitaka*, *Hayataka* et *Ryuho* d'autre part) se seraient lancées à l'attaque principale contre les porte-avions américains. Cette manœuvre échoua, car aucune des unités de la 3e division ne fut aperçue au cours de la bataille. Il se trouva que la 1re division tomba sur un nid de sous-marins américains qui envoyèrent par

le fond le *Shokaku* et le *Taiho* dès le 18 juin. D'autre part, les deux journées de combats aériens (18 et 19 juin) se terminèrent par une cuisante défaite nippone : la puissante D. C A. et les patrouilles de chasse américaines de la Task Force 58 abattirent plus de 350 appareils : ce fut le fameux « tir au pigeon » des Mariannes. Le porte-avions de combat *Hitaka*, de 28 000 t, fut coulé à la bombe et à la torpille. Enfin, le *Hayataka* et le *Zuikaku* furent touchés par plusieurs bombes, et ces deux unités rentrèrent au Japon pour un long séjour à l'arsenal.

Ainsi, les Japonais venaient de perdre aux Mariannes, trois porte-avions de 30 000 t et 350 avions. Ils devaient être remplacés par trois porte-avions de combat de 25 000 t qui étaient en construction : *Amagi*, *Shinano* et *Unryu*, mais la bataille des Philippines s'engagea en octobre, sans qu'ils pussent intervenir.

La dernière sortie des porte-avions japonais. La seconde bataille des Philippines (25 octobre 1944)

Le débarquement américain à Leyte le 20 octobre 1944 eut pour résultat de contraindre la flotte du Tenno à une nouvelle sortie.

Une manœuvre concentrique de trois escadres (une provenant du nord, les deux autres traversant l'archipel) devait se rabattre sur le point menacé : le golfe de Leyte. Seule, la formation venant du nord comprenait des porte-avions, les deux autres escadres devant être soutenues par l'aviation basée à terre sur les aérodromes des Philippines. Les six porte-avions mis en ligne étaient conduits par le *Zuikaku*. Ils comprenaient la 3e division de porte-avions d'escorte (*Chitose*, *Chiyoda* et *Zuiho*) et la 4e division formée par les cuirassés à pont d'atterrissage *Ise* et *Hyuga*, sortes de porte-avions mixtes. On avait renoncé à utiliser le *Hayataka*, avarié lors de la bataille des îles Mariannes. Cette force fut interceptée le 25 octobre au large du cap Engano (entre Formose et Luzon), par l'aviation de la Task Force 38 (amiral Mac Cain). Par suite d'une erreur dans l'exécution de leur plan, les unités nippones se trouvèrent dégarnies de leurs chasseurs quand se produisit l'attaque concentrée de l'aviation navale américaine. Cette faute coûta aux Japonais le *Zuikaku*, le *Chitose*, le *Chiyoda* et le *Zuiho*, ce dernier étant achevé au canon par les croiseurs américains. Les deux cuirassés à plate-forme *Ise* et *Hyuga*, porte-avions mixtes, réussirent à se tirer d'affaire.

L'action des sous-marins américains en 1944 : sept porte-avions japonais torpillés

A partir de l'été 1944, les nombreux sous-marins américains en patrouille dans les mers de Chine portèrent des coups très durs aux forces aéronavales japonaises. Non seulement, deux de ces sous-marins : le *Cavalla* et l'*Albacore* ont à leur actif la destruction du *Taiho* et du *Shokaku* à la bataille des îles Mariannes, mais encore il convient de leur imputer la perte des cinq unités suivantes :

L'*Otaka* (1), torpillé le 18 août 1944, par le sous-marin *Rasher* au nord-est de Luzon ;

L'*Unyo* (2), torpillé le 16 septembre, au large des côtes d'Indochine, par le sous-marin *Barb* ;

(1) *Otaka*, ex-paquebot *Kasuga Maru*, de 16 000 t.
(2) *Unyo*, ex-paquebot *Yawata Maru*, de 16 000 t.

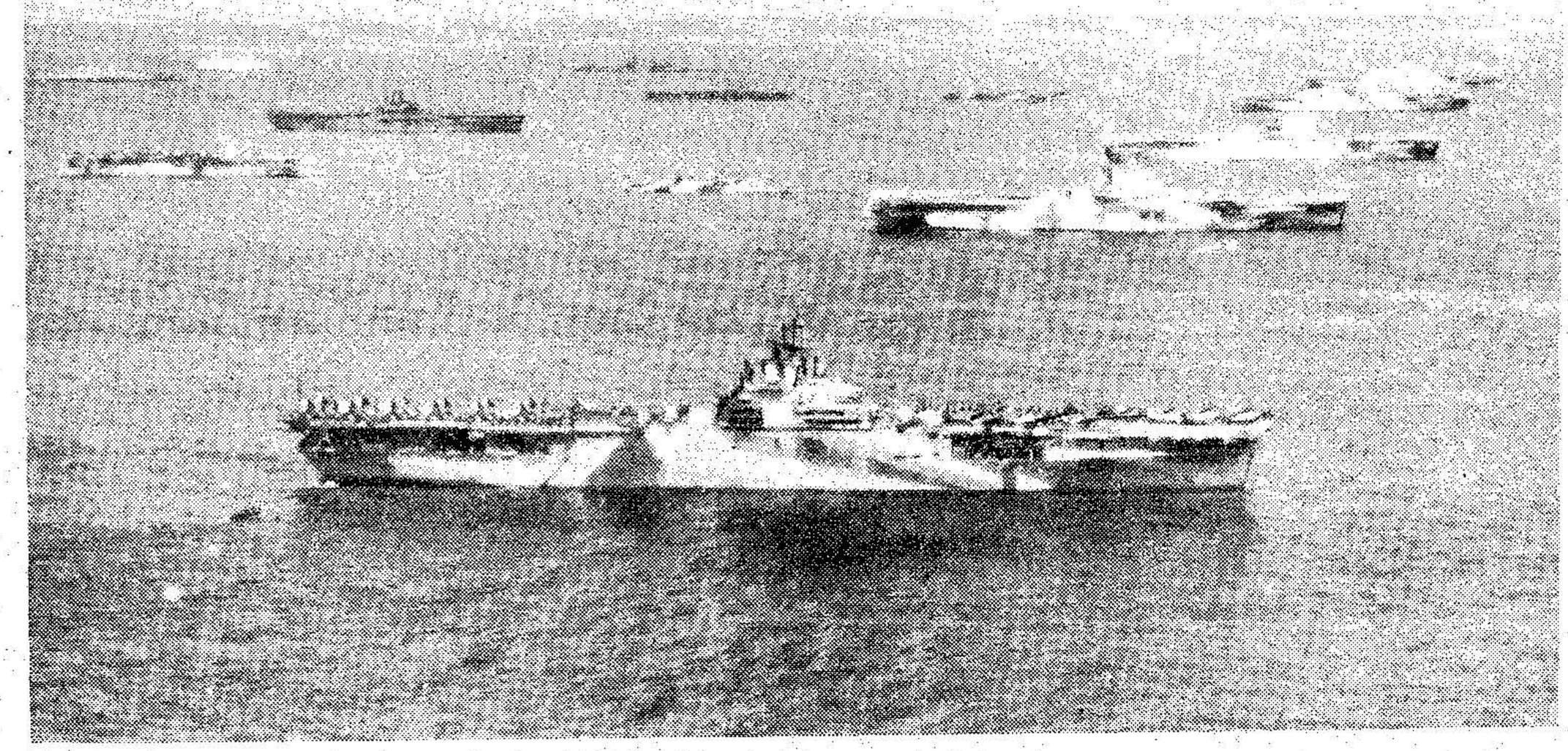


FIG. 6. — PORTE-AVIONS AMÉRICAINS A L'ANCRE PRÈS DE L'ILE D'ULIHI, UNE DES CAROLINES

On remarque à droite de la photographie cinq porte-avions de la classe Essex, le Wasp, *le* Yorktown, *le* Hornet, *le* Hancock, *et le* Ticonderoga. *A gauche et au second plan, un porte-avions de la classe Independence.*

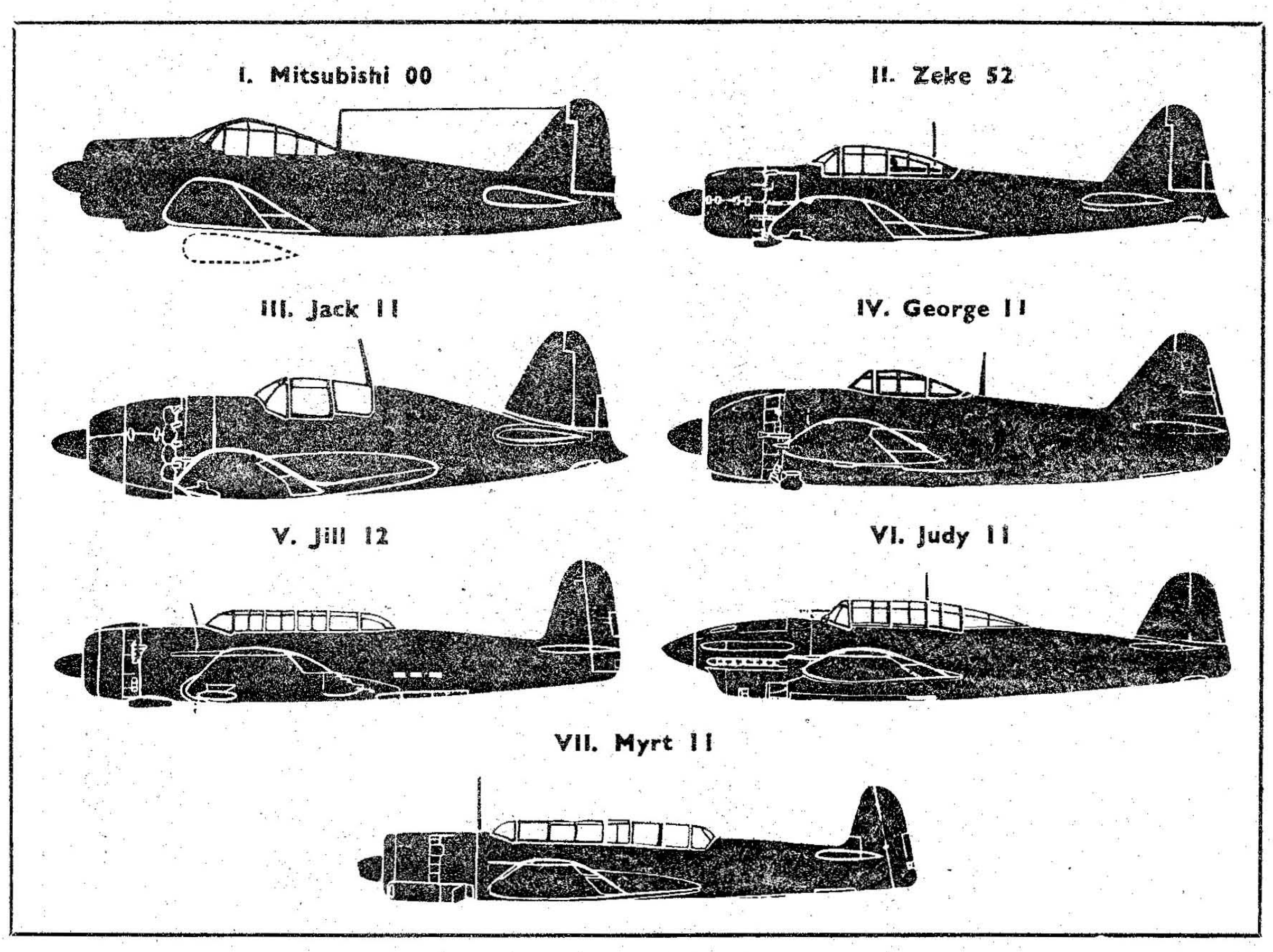


FIG. 7. — LES PRINCIPAUX TYPES D'AVIONS EMBARQUÉS DE L'AVIATION NAVALE JAPONAISE

Le chasseur en service au début de la guerre était: (I) le fameux Mitsubishi 00, *monomoteur de 900 ch, pouvant réaliser une vitesse maximum de 480 km/h, armé de 2 canons de 20 mm et de 2 mitrailleuses de 8 mm. Cet appareil a donné naissance à toute une série d'appareils dont le plus récent est le* Zeke 52, *(II) de 1 100 ch, vitesse maximum: 560 km/h, même armement. L'aviation navale japonaise disposait également de deux chasseurs plus puissants: (III) le* Jack 11 *de 1 875 ch et 640 km/h, armé de 2 canons de 20 mm et de 2 mitrailleuses de 8 mm, et (IV) le* George 11 *de 2 000 ch et 640 km/h armé de 4 canons de 20 mm et de 2 mitrailleuses de 8 mm. Comme avion-torpilleur citons (IV) le* Jill 12 *de 1 800 ch et 512 km/h, armé de 2 ou 3 mitrailleuses de 8 mm; comme bombardier en piqué, (VI) le* Judy 11 *de 1 160 ch et 540 km/h, armé de 2 ou 3 mitrailleuses de 8 mm, et enfin comme avion de reconnaissance le* Myrt 11 *de 2 000 ch et 600 km/h, armé d'une seule mitrailleuse de 8 mm (VII).*

Le *Jinyo* (3), torpillé le 17 novembre 1944, dans la mer Jaune, par le sous-marin *Spadefish* ;

Le *Shinano*, torpillé le 29 novembre 1944, par l'*Archerfish*, au sud de Kyushu ;

L'*Unryu*, torpillé le 19 décembre 1944, par le sous-marin *Redfish* dans la mer de Chine.

Ces deux derniers furent vraisemblablement torpillés alors qu'ils effectuaient encore leurs essais.

La crise des porte-avions japonais de décembre 1944

Ainsi, l'année 1944 se terminait pour la Marine japonaise par un extrême affaiblissement en porte-avions.

Sur les quatorze porte-avions qui étaient en service au début de l'année 1944, ou sur les dix-sept qui devaient y être à la fin de 1944, douze avaient été coulés, dont sept au combat, et cinq torpillés par des sous-marins, à savoir :

Trois porte-avions de combat à la bataille des îles Mariannes (*Hitaka, Shokaku, Taiho*) ;

Quatre porte-avions à la bataille des Philippines (porte-avions de combat *Zuikaku* et trois porte-avions légers *Chitose, Chiyoda* et *Zuiho*) ;

Cinq porte-avions, le *Jinyo*, l'*Otaka* et l'*Unyo* (trois porte-avions d'escorte) et deux porte-avions de combat (*Unryu* et *Shinano*), coulés par sous-marins.

Au total, depuis la bataille de la mer de Corail, 7 mai 1942, jusqu'au 1er janvier 1945, c'est-à-dire en vingt mois, la Marine impériale japonaise avait perdu *dix-huit porte-avions*, à savoir :

Onze coulés par des avions en combat de porte-avions ;

(3) *Jinyo*, ex-paquebot allemand *Scharnhorst*, de 21 000 t.

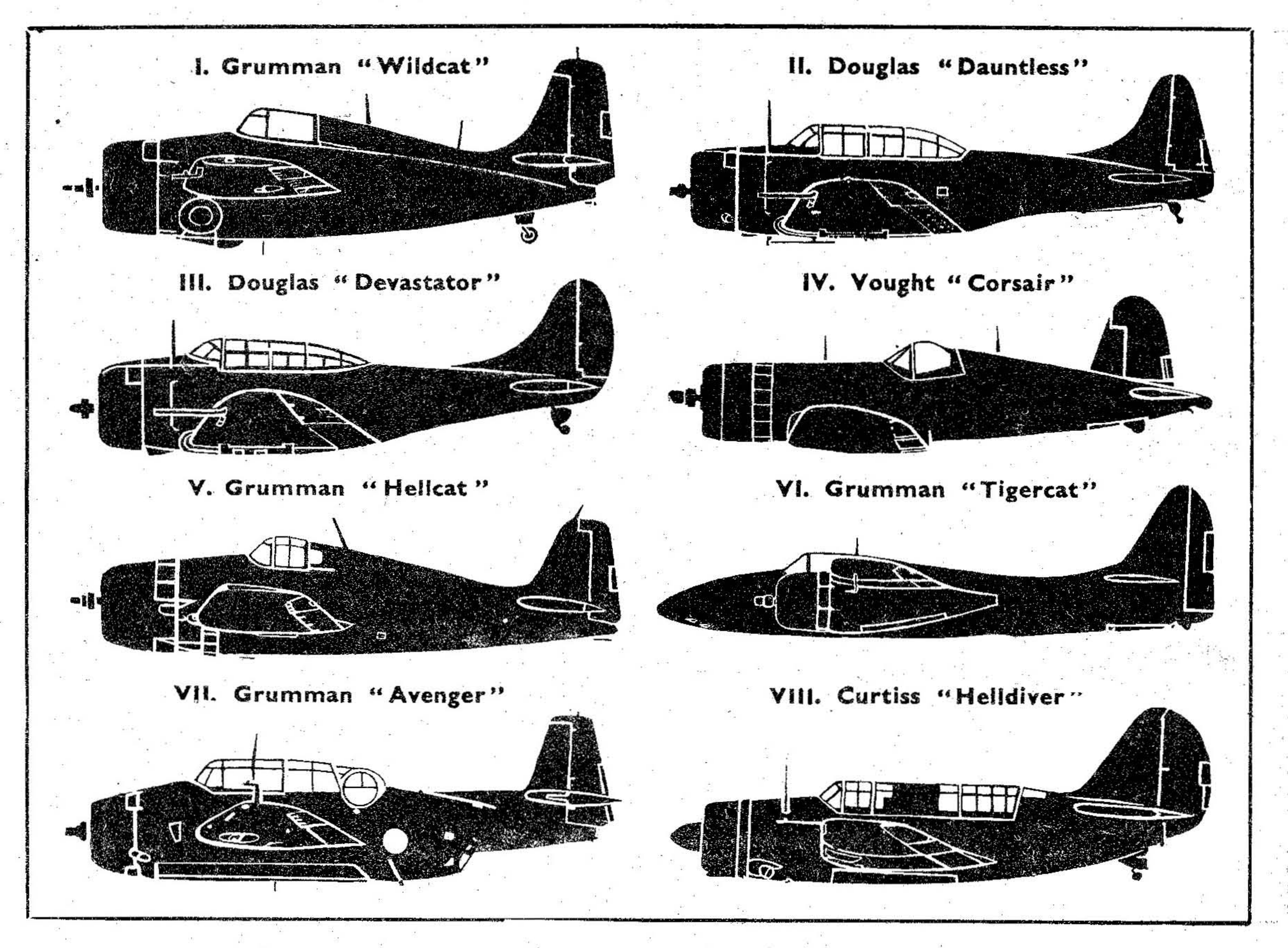


FIG. 8. — LES PRINCIPAUX TYPES D'AVIONS EMBARQUÉS DE L'AVIATION NAVALE AMÉRICAINE

Les avions embarqués au début de la guerre du Pacifique étaient: (I) le chasseur Grumman Wildcat *de 1 200 ch, vitesse maximum: 510 km/h, armé de 4 mitrailleuses de 13 mm; (II) le bombardier en piqué Douglas* Dauntless *de 950 ch, vitesse maximum: 440 km/h, armement: 2 mitrailleuses de 13 mm, transportant une bombe de 250 kg sous le fuselage et deux petites bombes sous les ailes; et (III) l'avion-torpilleur Douglas* Devastator, *dérivé du Dauntless. Les types récents sont: pour la chasse: (IV) le Vought* Corsair, *de 2 100 ch, vitesse maximum: 680 km/h, armé de 6 mitrailleuses de 13 mm ou de 4 canons de 20 mm, qui ne peut atterrir que sur les plus grands porte-avions; (V) le Grumman* Hellcat *de 2 000 ch, vitesse maximum supérieure à 640 km/h, armé de 6 mitrailleuses de 13 mm; et (VI) le bimoteur Curtiss* Tigercat *propulsé par deux moteurs de 2 100 ch, d'une vitesse maximum de 680 km/h, d'un armement nettement supérieur au précédent. L'avion-torpilleur qui a succédé au* Devastator *est (VII) le Grumman* Avenger *de 1 700 ch, vitesse maximum: 450 km/h. Enfin pour le piqué, l'aviation américaine a employé le Curtiss* Helldiver *(VIII) de 1 700 ch, vitesse : 450 km/h, armement: 2 mitrailleuses tirant à travers l'hélice et une mitrailleuse tirant vers l'arrière.*

Trois coulés par des sous-marins américains au cours de combats de porte-avions ;

Cinq torpillés par les sous-marins américains en dehors des batailles de porte-avions.

Les constructions neuves de 1944-1945

Rappelons que, devant l'entrée en service, en automne 1943, des grands porte-avions de combat américains de la classe *Essex* (27 000 t) les Japonais avaient (en dehors de leurs conversions hâtives de paquebots) commencé la construction d'une nouvelle série de cinq bâtiments de 25 000 à 27 000 t. Le prototype fut l'*Unryu*, qui fut torpillé le 19 décembre 1944 dès ses essais. Trois autres bâtiments de ce type : *Amagi*, *Katsuragi*, *Kasagi*, entrèrent en service en mars 1945 ; les deux autres : *Ikoma* et *Aso* devaient suivre au cours de l'été 1945, mais ces deux derniers n'ont pu être achevés avant la capitulation.

En outre, l'Amirauté nippone transformait un croiseur de 14 000 t, l'*Ikibu*, en porte-avions léger, et au moins quatre bâtiments de commerce en porte-avions d'escorte.

En résumé, sans tenir compte de ces cinq derniers bâtiments en cours de conversion, au printemps de 1945, le potentiel nippon était ramené à quatre porte-avions de combat, deux porte-avions mixtes, et un porte-avions d'escorte, à savoir :

Un porte-avions rescapé des grandes batailles de 1944, le *Ryuho* (le *Hayataka* ayant été désarmé à Sasebo, à la suite des avaries reçues à la bataille des îles Mariannes) ;

Trois porte-avions de combat récents : *Amagi*, *Katsuragi* et *Kasagi* ;

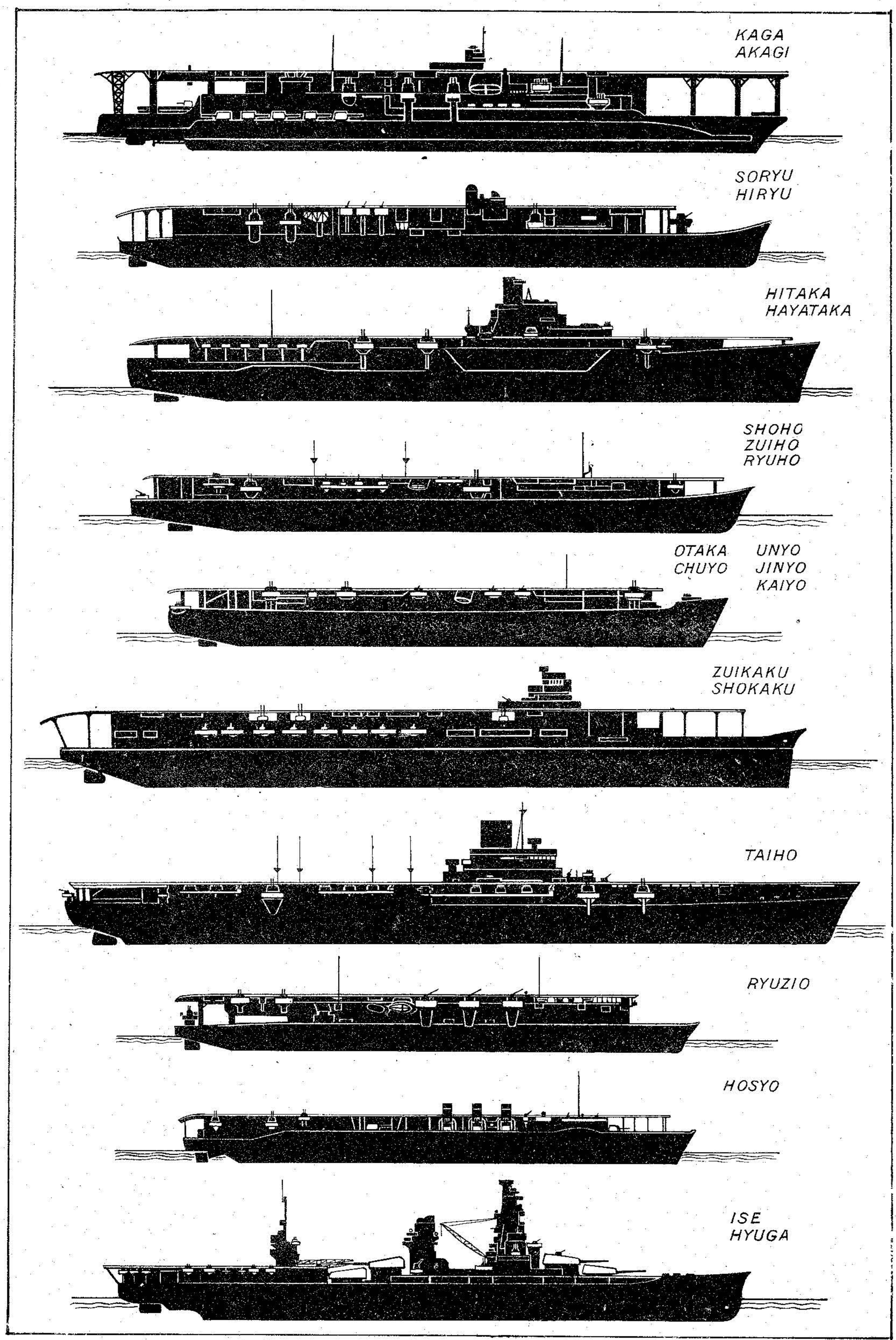


FIG. 9. — LES PRINCIPAUX TYPES DE PORTE-AVIONS JAPONAIS

Les deux porte-avions mixtes provenant des cuirassés *Ise* et *Hyuga* ;

Les porte-avions d'escorte *Kaiyo*, de 17 000 t, et *Chuyo*, de 20 000 t (pour ne pas compter le vieux *Hosho* de 7 000 t affecté à l'entraînement).

Cette flotte apparaît ridiculement faible si on la compare à la flotte américaine à l'époque qui dépassait déjà cent porte-avions (vingt-sept porte-avions de combat, environ soixante-quinze porte-avions d'escorte), et cette infériorité numérique explique à elle seule l'inactivité forcée de la Marine impériale au cours des huit derniers mois de la guerre.

	Nom.	Tonnage.	Date de la perte.	Lieu du naufrage.
Combat.	**Kaga**	26 900	4-6-42	Midway.
	Akagi	26 900	4-6-42	Midway.
	Soryu	10 050	4-6-42	Midway.
	Hiryu	10 050	4-6-42	Midway.
	Shoho	15 000	7-5-42	Mer de Corail.
	Chitose	12 000	24-10-44	Leyte.
	Chiyoda	12 000	24-10-44	Leyte.
	Zuikaku	29 800	24-10-44	Leyte.
	Shokaku	29 800	juin 44	Saïpan.
	Unryu	27 000	19-12-44	Formose.
	Taiho	30 000	juin 44	Luzon.
	Hitaka	28 000	juin 44	Luzon.
	Ryuzio	7 100	24-8-42	Salomon.
	Zuiho	15 000	24-10-44	Leyte.
Escorte.	**Otaka**	20 000	1944	Torpillés par sous-marin en 1944.
	Unyo	20 000	—	
	Chuyo	20 000	—	
	Jinyo	20 000	—	
	Shinano	20 000	—	
Mix.	**Ise***	29 990	28-7-45	Kure.
	Hyuga*	29 990	28-7-45	Kure.

*** Cuirassés convertis en demi-porte-avions.**

TABLEAU 1, — LES PERTES DE LA MARINE JAPONAISE EN PORTE-AVIONS

Sur les dix porte-avions restants, six étaient avariés, le Kaiyo, *l'*Amagi, *le* Katsuragi, *le* Hosho, *le* Ryuho *et l'*Ibuki. *Le* Hayataka *était désarmé et les trois porte-avions* Ikoma, Aso *et* Kasagi, *en construction, avaient été endommagés avant d'entrer en service. Enfin, signalons que, sur les dix cuirassés de la flotte japonaise, un seul restait à flot.*

L'immobilisation des porte-avions japonais dans les ports de la mer Intérieure (janvier-juin 1945)

Pourtant, même ainsi réduite, la puissance aéronavale nippone représentait une certaine menace pour les forces américaines qui peu à peu se rapprochaient du Japon, en s'emparant progressivement des défenses extérieures de la métropole. Mais l'amiral Nimitz devança les velléités japonaises en lançant ses porte-avions à l'attaque de la flotte impériale réfugiée dans les ports de la mer Intérieure. Malgré les filets pare-torpilles, un camouflage très habile, les porte-avions ennemis furent immobilisés au cours de plusieurs raids aéronavals effectués d'abord par la Task Force 58, puis par la Task Force 38.

Une première attaque de deux jours — les 16 et 17 février 1945 — préparant l'invasion d'Iwo-Jima, fut dirigée contre le secteur de Tokio ; un porte-avions d'escorte non identifié fut incendié devant Yokosuka.

Le 19 mars 1945, un nouveau raid massif exécuté par la Task Force 58 contre les unités japonaises mouillées à Kobé et à Kure causa des avaries sérieuses à deux porte-avions de la classe *Unryu*. Ce raid américain immobilisait ainsi l'arme aéronavale de la flotte japonaise à la veille du débarquement d'Okinawa le 1er avril. L'absence de tout soutien aérien va d'ailleurs coûter le 7 avril 1945 à la Marine du Tenno son dernier cuirassé moderne, le *Yamato*, coulé, au cours d'une sortie hors de la mer Intérieure, par les avions du vice-amiral Mitscher.

Basée à terre comme en 1943, mais sur un territoire plus restreint, l'aviation navale nippone se transforma en aviation-suicide pour essayer désespérément d'enrayer les coups puissants qui lui étaient assenés.

Le coup de grâce (24 et 28 juillet 1945)

En juillet 1945, la Task Force 38 (amiral MacCain) relève la Task Force 58, et trois nouveaux raids aéronavals sont effectués contre les ports militaires japonais, les 10, 24 et 28 juillet. Ces derniers mirent définitivement hors de combat les débris de la Marine impériale. Les porte-avions *Amagi* et *Katsuragi* furent tous deux détruits à Kure, les 24 et 28 juillet, l'un par incendie, l'autre par une explosion.

L'*Aso* et l'*Ikoma* en achèvement à Kure et dans la baie d'Ikei, le *Kaiyo*, mouillé dans la baie de Beppu, furent gravement avariés le 24 juillet. Un porte-avions d'escorte fut coulé dans la baie de Shido, un autre en achèvement, endommagé près de l'île Inno. Les deux cuirassés *Ise* et *Hyuga*, — mis hors de combat — durent s'échouer à Kure, et le vieux *Hosho* fut endommagé. Seuls échappaient aux bombes américaines, en dehors du *Kasagi* inachevé à Sasebo, le *Ryuho* à Kure, et le *Hayataka*, d'ailleurs désarmé depuis la bataille des îles Mariannes.

Ainsi s'achevait à Kure, le 31 juillet 1945, l'aventure aéronavale commencée le 7 décembre 1941 à Pearl Harbor.

La leçon des porte-avions japonais : nécessité de la protection

De 1941 à 1945, la Marine japonaise utilisa vingt-sept porte-avions dont il ne reste plus que deux valides après la capitulation du Tenno.

La Marine japonaise perdit donc en quarante mois, vingt-cinq porte-avions, dix-huit coulés à la mer en 1942 et 1944, les sept autres dans leurs bases en juillet 1945.

Il serait erroné d'en conclure à l'extrême vulnérabilité du navire porte-avions en général. Les porte-avions américains de la classe

Essex touchés par des attaques-suicides : le *Ticonderoga* (21 janvier 1945), le *Saratoga* (21 février), l'*Intrepid* (16 avril), les *Franklin* et *Wasp* (le 19 mars) et le *Bunker Hill* (11 mai), ont fourni la preuve de la capacité de résistance que peut acquérir un porte-avions convenablement construit. Il n'en est pas de même pour les porte-avions japonais. En effet :

1° Sur les vingt-sept porte-avions japonais, douze seulement avaient été construits comme tels ; six furent coulés à la mer avant la fin de 1944 : les deux *Shokaku*, les deux *Hiryu*, le *Ryuzio* et l'*Unryu*.

2° Quatre autres porte-avions japonais résultaient de la conversion de navires de combat : deux de croiseurs de bataille (*Kaga* et *Akagi*) et deux de cuirassés (*Ise* et *Hyuga*). Les deux premiers furent coulés, les deux autres résistèrent relativement mieux et ne succombèrent que le 28 juillet 1945.

3° Sur les vingt-sept porte-avions japonais, onze au moins étaient des porte-avions improvisés, résultant de la transformation hâtive, au cours de la guerre (ou juste avant), de bâtiments de commerce : paquebots, pétroliers ou transports : tels étaient *Hitaka*, *Hayataka*, *Shoho*, *Zuiho*, *Otaka*, *Unyo*, *Jinyo*, *Kaiho*, *Chitose*, *Chiyoda* et *Ryuho*.

Sur les onze bâtiments cités ci-dessus, neuf furent coulés à la mer et un dixième avarié en combat ; le *Hayataka* dut être désarmé en 1944 parce que jugé trop fragile malgré son tonnage (27 000 t).

En résumé, furent coulés à la mer :

Huit sur seize pour les porte-avions construits comme navires de combat ;

Neuf sur onze pour les porte-avions résultant de la conversion de navires de commerce.

L'expérience japonaise consacre donc l'échec du porte-avions de combat résultant de la conversion d'un paquebot.

Le porte-avions est un navire de combat armé d'avions de même que le cuirassé est un navire armé de canons. Faire un porte-avions de ligne à partir d'une coque non protégée de paquebot est aussi anormal que de transformer un paquebot en bâtiment de ligne.

Même sur les porte-avions de combat japonais, construits comme tels, la protection était comparativement plus légère qu'à bord des similaires anglo-américains. Sur les *Illustrious*, le pont est blindé à 75 mm et, sur les *Essex* de 27 000 t, la protection contre l'incendie et celle contre les torpilles ont été très étudiées. Sur les porte-avions japonais de combat, il semble que ce soit la vitesse qui ait été surtout poussée (34 nœuds) aux dépens de la protection.

Flotte d'échantillons

Enfin, la flotte de porte-avions nippone manquait d'homogénéité dans les types. Jusqu'à la série *Unryu* sortie fin 1944-1945, ils formaient une flotte d'échantillons. La vulnérabilité des porte-avions nippons rendit le commandement japonais particulièrement timoré en 1943.

Il faut constater, d'autre part, que les formations tactiques de porte-avions japonais ont été mal composées. Groupés par divisions, ils ont été envoyés à la bataille sans le soutien rapproché de la puissante artillerie de D. C. A. de bâtiments de surface, croiseurs lourds ou bâtiments de ligne. Exemple : à la bataille de Midway, les cuirassés *Yamato*, *Nagato*, *Mutsu* étaient éloignés d'une centaine de milles au nord du groupe des porte-avions. Les Américains ont, au contraire, panaché navires armés de canons et armés d'avions, sous la forme de Task Forces mixtes, où la D. C. A. du cuirassé protégeait la plate-forme à avions.

Lorsque, à l'automne 1944, les porte-avions japonais furent traqués par les sous-marins américains jusque dans les eaux côtières des îles nippones, la flotte aéronavale du Tenno, coincée entre avions et sous-marins, dut se réfugier dans les ports de la mer Intérieure où les avions vinrent l'achever en juillet 1945.

La supériorité américaine en avions

Si l'on s'en rapporte, en définitive, *aux batailles de porte-avions*, à celles de 1942 comme à celles de 1944, il faut bien constater que la qualité des avions embarqués américains a constitué l'élément prépondérant de la lutte.

La supériorité en armement et en blindage des avions de l'U. S. Navy, en particulier des chasseurs tels que les « Wildcat » de 1942, les « Hellcat » et les « Corsair » de 1944, s'est toujours affirmée sur les avions similaires japonais, tels que les « Zéro », les « Zeke » 32 ou les « Zeke » 52. La bataille navale moderne est précédée d'un combat aérien décisif. Tant il est vrai que la maîtrise de la mer doit être acquise par la maîtrise de l'air au-dessus d'elle.

Pierre BELLEROCHE.

De Pearl Harbor (7 décembre 1941) au débarquement de Normandie (6 juin 1944), le réarmement des États-Unis a exigé la fourniture aux usines américaines de 1 milliard de tonnes de charbon. Le parcours moyen de la tonne entre la mine et l'usine a été de 3 200 km. Pour effectuer le transport de telles quantités, les moyens disponibles se sont révélés insuffisants et les techniciens ont cherché à tourner la difficulté par l'emploi de solutions nouvelles. Une des plus séduisantes consisterait à pulvériser le charbon et à l'entraîner par un courant d'air dans un pipe-line, 1 m³ d'air comprimé pouvant entraîner 37 kg de charbon. Ce procédé a déjà été employé en Amérique et en U. R. S. S. pour des transports sur de petites distances (quelques kilomètres). Outre sa simplicité et sa rapidité, ce procédé aurait l'avantage d'être remarquablement peu coûteux : 3 dollars par tonne de charbon transportée à 1 000 km, non compris le prix de la pulvérisation du charbon.

LE CHAUFFAGE ÉLECTRONIQUE

par J. PIERGO

Les Anglo-américains appellent « chauffage électronique » ou « radio-chauffage » la méthode qui consiste à produire de la chaleur en utilisant les propriétés du courant alternatif parcourant des circuits oscillants. Depuis de longues années, l'industrie n'a utilisé que les procédés de chauffage électrique par effet Joule, dans les fours à électrodes et les fours à résistances. Durant de longues années aussi, tous les constructeurs d'appareils électriques ont considéré comme une fâcheuse déperdition d'énergie les quantités de chaleur engendrées à l'intérieur des masses métalliques plongées dans des champs magnétiques, de même que celles qui se développent dans les isolants situés entre les armatures des condensateurs. Aujourd'hui, l'utilisation rationnelle de ces sources de chaleur vient d'ouvrir une voie nouvelle à des applications industrielles dont le nombre augmente de jour en jour et s'est considérablement accru depuis cinq ans en Angleterre et en Amérique.

Les phénomènes utilisés

Bien que les phénomènes utilisés soient connus de longue date, il n'est pas superflu de les rappeler, afin de déterminer les conditions de leur mise en œuvre et afin de classer rationnellement les applications qui en découlent.

Le chauffage par induction

Dans les masses métalliques plongées dans un champ magnétique variable se développent des courants électriques, appelés *courants de Foucault*. C'est ainsi qu'un bloc de fer entouré d'une bobine dans laquelle circule un courant alternatif est le siège de courants d'induction qui provoquent un échauffement. Les constructeurs d'appareils électriques s'en défendent habituellement en « feuilletant » les noyaux magnétiques de leurs machines.

Ces courants d'induction se développent aussi dans la masse même du conducteur, et c'est là une des caractéristiques essentielles du chauffage électronique qui n'utilise pas les phénomènes de conductibilité et de convection calorifiques.

La chaleur créée est plus intense lorsque le corps est médiocre conducteur. On obtient alors facilement l'échauffement jusqu'à la température de fusion. Dans ce cas, on place le métal à l'intérieur d'un creuset isolant. Par contre, s'il s'agit de fondre un corps très mauvais conducteur, on le place dans un creuset en graphite dans lequel se développent les courants de Foucault.

L'effet pelliculaire

Mais il est un autre aspect du chauffage par induction : c'est l'utilisation du phénomène connu sous le nom d' « effet pelliculaire ». Lorsque la fréquence est élevée, les courants d'induction et, par suite, la production de chaleur se localisent à la surface du conducteur. On peut ainsi limiter l'épaisseur de la partie chauffée, ce qui permet de réaliser toute une série de traitements thermiques.

Le chauffage par pertes diélectriques

Si deux plaques métalliques séparées par un corps isolant sont portées à des potentiels différents, elles constituent un condensateur. Lorsque ce condensateur est le siège d'oscillations électriques, il se développe dans le corps isolant, ou diélectrique, une quantité de chaleur d'autant plus élevée que la fréquence des oscillations est plus grande et que les qualités isolantes du diélectrique sont plus médiocres. On peut ainsi réaliser le chauffage de tous les corps mauvais conducteurs.

La génération des courants de chauffage électronique

La grande souplesse d'utilisation du chauffage électronique provient de ce que l'on dispose d'une variable nouvelle, indépendante des deux variables communes à tous les procédés de chauffage électrique : puissance et tension (d'où résulte l'intensité). Cette troisième variable est la fréquence ; on lui donne, suivant les applications, des valeurs très différentes. Pour certaines fusions, on se contente de quelques centaines de périodes par seconde ; par contre, certains séchages exigent 50 millions de périodes. Dans le premier cas, un alternateur industriel peut suffire ; mais on est assez vite limité dans ce domaine : les grands alternateurs des centrales électriques fournissent généralement en France du courant à 50 périodes par seconde, ou 50 cycles. Seuls des alternateurs de petite puissance, construits pour des laboratoires, atteignent quelques milliers de cycles. Au delà commence le domaine exclusif du tube électronique.

Mais ce domaine est immense puisqu'il coïncide avec celui des ondes radioélectriques. Or la technique des émetteurs radiotélégraphiques et radiotéléphoniques a conquis successivement les gammes dites des ondes longues, puis des ondes moyennes, puis des ondes courtes, atteignant ainsi les longueurs d'ondes de 1 000 mètres, 100 mètres, 10 mètres, c'est-à-dire les fréquences de 300 000 cycles (ou 300 kilocycles), puis 3 millions de cycles (ou 3 mégacycles), puis 30 mégacycles. Elle ouvre aujourd'hui la gamme des ondes métriques, soit de 10 à 1 mètre, c'est-à-dire une fréquence de 30 à 300 mégacycles, et s'étend même sur les ondes décimétriques et centimétriques. Elle déborde ainsi largement les gammes de fréquences actuelle-

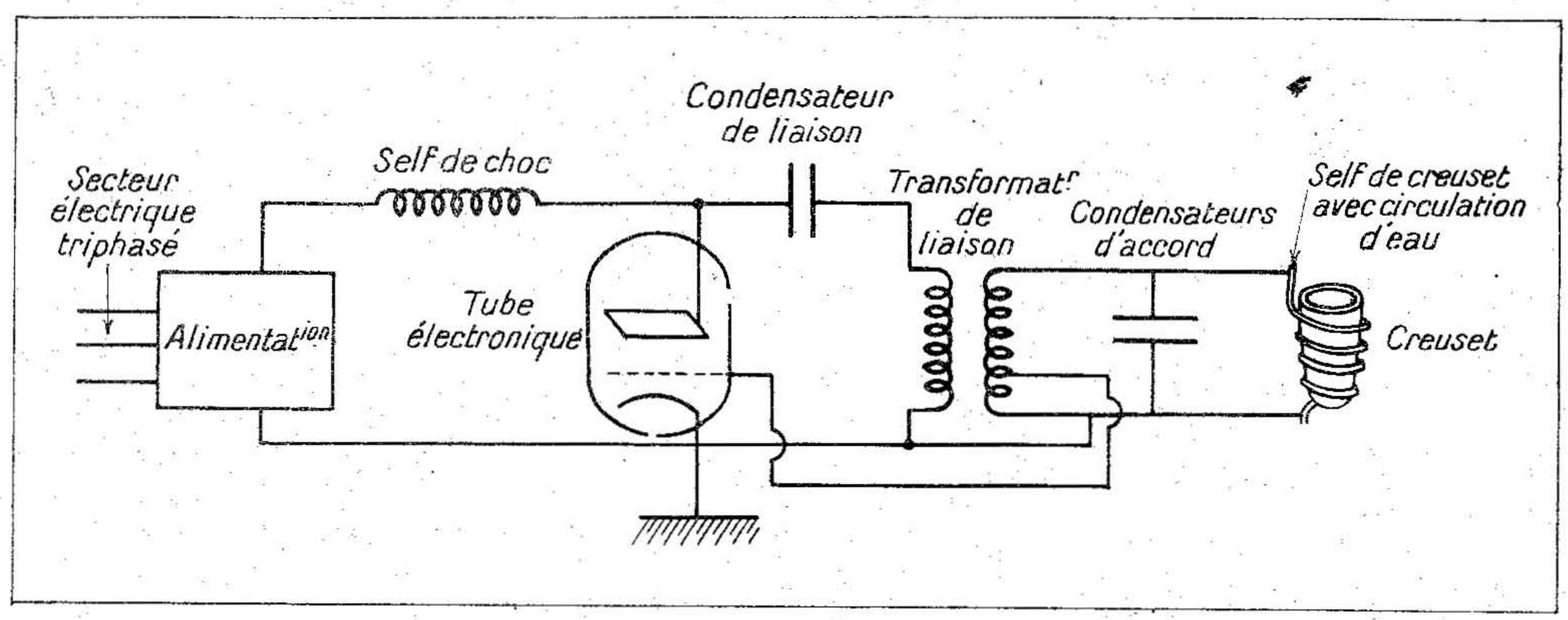


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN FOUR DE FUSION A TUBE ÉLECTRONIQUE

ment utilisées pour le radiochauffage et qui, nous l'avons dit, ne dépassent pas actuellement 50 mégacycles.

Le procédé de génération de ces ondes est toujours le même : un tube électronique, ou lampe d'émission, provoque des oscillations dans un circuit d'utilisation. Il n'y a aucune différence de principe entre un émetteur de radiodiffusion et un générateur de chauffage électronique ; ce dernier n'est qu'un émetteur simplifié, dépourvu de dispositifs de modulation et réduit ainsi à sa partie « haute fréquence ».

Le circuit d'utilisation n'est plus une antenne d'émission, mais bien un circuit oscillant comprenant une self-induction et un condensateur, c'est-à-dire, pratiquement, un tube de cuivre enroulé en hélice, ou solénoïde, et des plaques

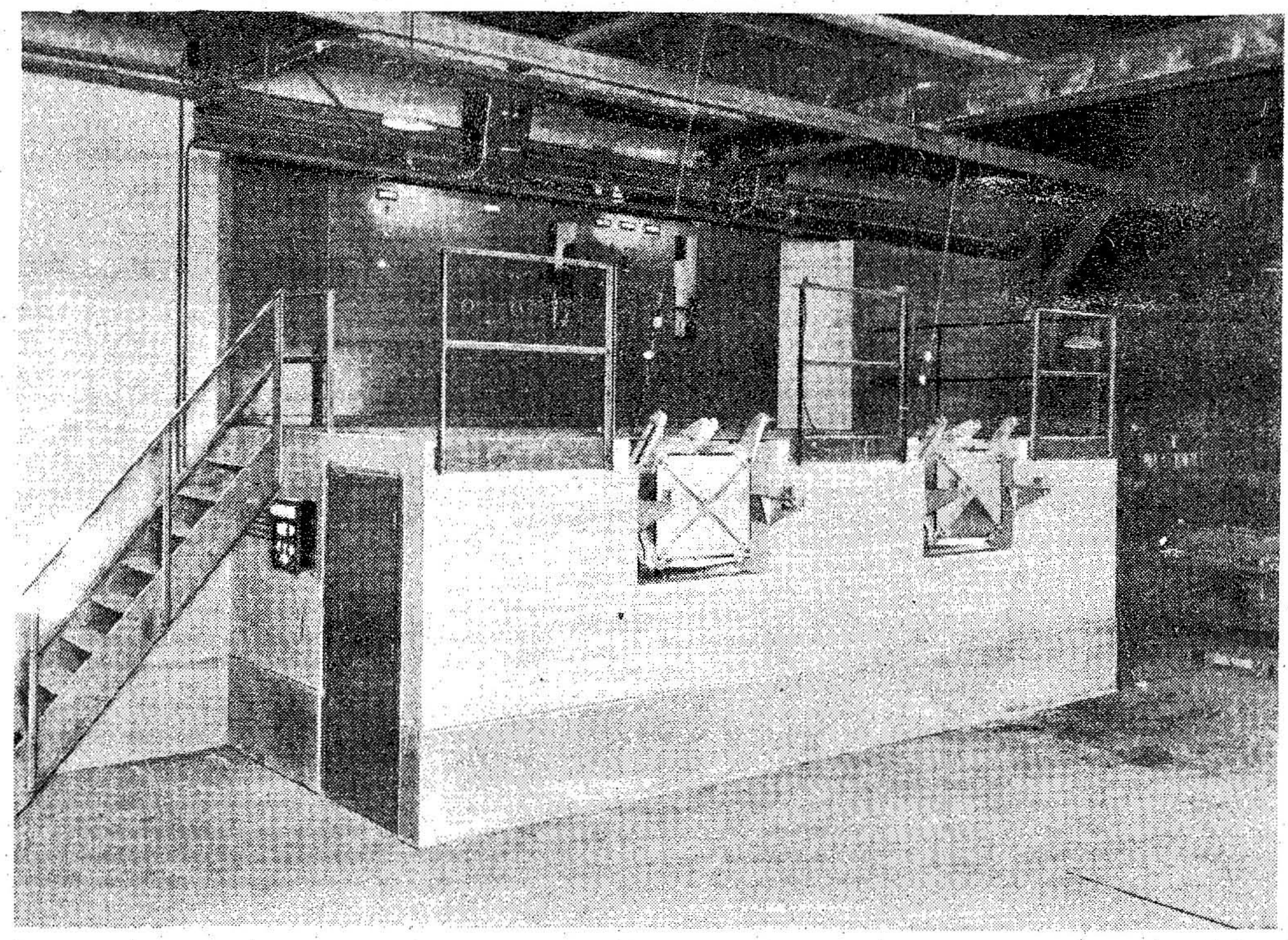


FIG. 2. — FOUR DE FUSION A TUBE ÉLECTRONIQUE DE 250 KILOWATTS

Au premier plan : les deux creusets basculants chauffés alternativement. Derrière : le tableau de commande.

métalliques séparées par un diélectrique : air, mica, papier huilé, etc. L'un de ces deux éléments constitue l'organe de chauffage proprement dit : solénoïde, s'il s'agit de chauffage par induction, condensateur s'il s'agit de chauffage par pertes diélectriques.

Nous désignons ici sous le nom de chauffage électronique l'utilisation industrielle de ces deux phénomènes.

Tous les schémas de montages électriques comprennent, sous le terme générique d' « impédances », des résistances, des self-inductions et des capacités. La production industrielle de chaleur utilise depuis longtemps les résistances ; les procédés de chauffage électronique, inductif et capacitif, viennent de lui asservir les deux autres types d'impédances.

Les principales applications du chauffage électronique

La grande souplesse d'utilisation du chauffage électronique permet de très nombreuses applications qui procèdent toutes des remarques ci-dessus. Elles intéressent la métallurgie dans le domaine de la fusion comme dans ceux de la soudure et des divers traitements thermiques. Elles intéressent aussi toutes les industries utilisant des matières plus ou moins isolantes. Partout où il s'agit de développer rapidement de hautes températures au sein d'une masse quelconque ou dans une portion bien déterminée d'un corps conducteur, le chauffage électronique peut être employé. Sa mise en œuvre est très aisée, car, dès qu'une opération a été correctement définie, elle peut être reproduite par des manœuvres extrêmement simples, voire partiellement automatiques, avec des résultats rigoureusement constants.

Il ne faut pas toutefois se dissimuler que l'énergie électronique est coûteuse, d'une part en raison du prix élevé des générateurs d'ondes radioélectriques, d'autre part en raison de leur faible rendement. Il serait donc vain de prétendre remplacer par ce nouveau procédé de chauffage les méthodes industrielles qui ont fait leurs preuves, lorsqu'elles ont un rendement satisfaisant. Mais, grâce à son extraordinaire souplesse, le chauffage électronique peut prétendre effectuer certaines tâches habituellement mal faites et les remplir avec une précision extraordinaire et une extrême rapidité. Il peut aussi résoudre des problèmes nouveaux dont beaucoup sont certainement, aujourd'hui même, insoupçonnés.

De toutes ces applications nous donnerons ci-dessous une liste fort incomplète et sommaire, liste appelée à s'allonger très rapidement.

A. Applications du chauffage par induction

1° Fonderie

Un tube de cuivre enroulé en solénoïde et parcouru par un courant d'eau est le siège du courant alternatif à haute fréquence. Il entoure un creuset contenant le métal à fondre. Le four ainsi créé n'a pas besoin d'échauffement préalable ; la rapidité de la fusion et le développement de la chaleur dans la masse même du métal empêchent son oxydation. D'ailleurs, le creuset peut être placé dans une atmosphère quelconque. Enfin les courants de Foucault peuvent assurer un certain brassage de la masse en fusion. Ces qualités permettent d'utiliser le chauffage par induction pour fondre des aciers spéciaux. Il existe des fours de 250 kilowatts capables de fondre en dix minutes 130 kilogrammes d'acier pour aimants. Il existe aussi des fours minuscules pour fondre les métaux précieux.

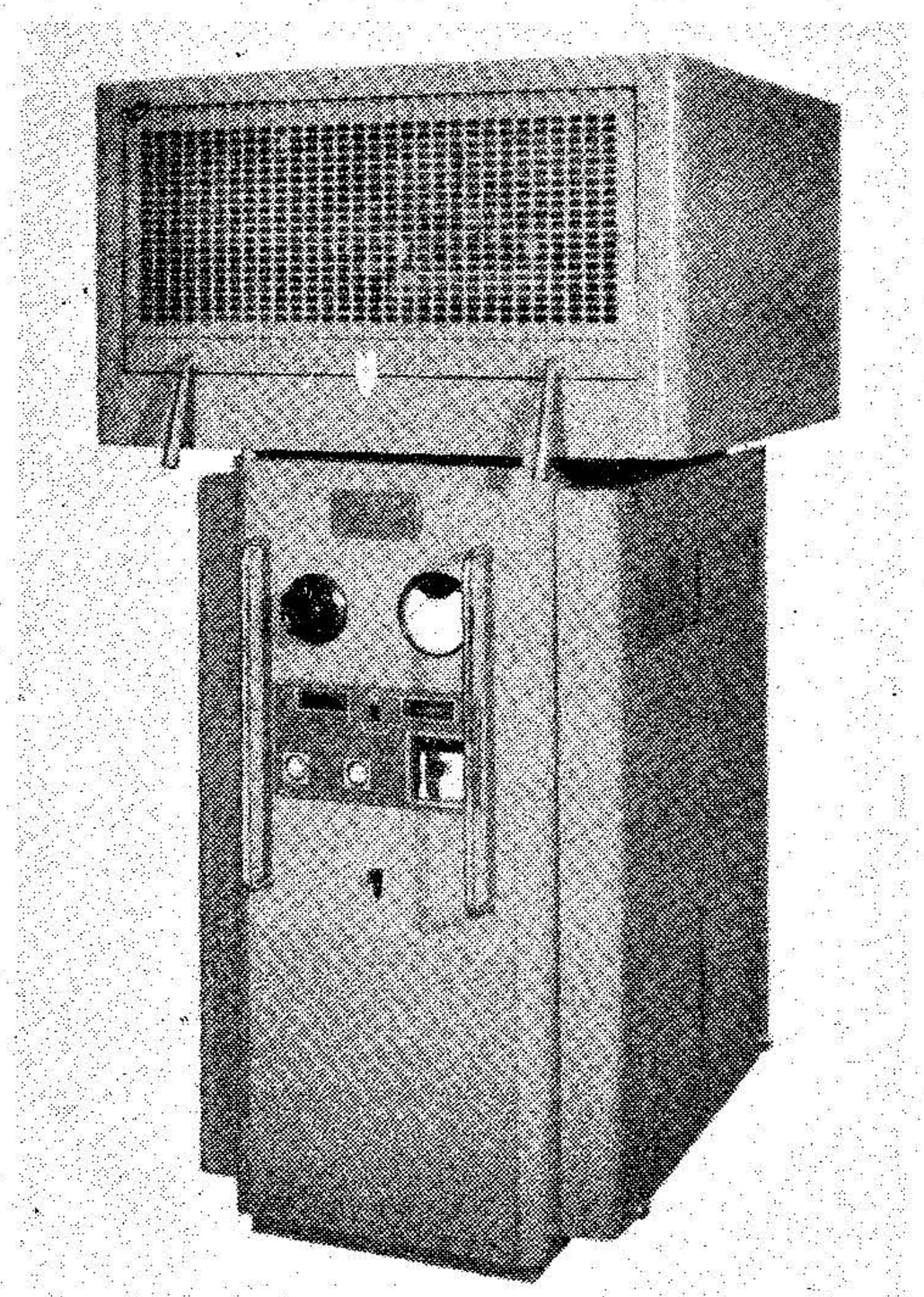


FIG. 3. — UN FOUR DE 2 KILOWATTS POUR SÉCHAGE PAR PERTES DIÉLECTRIQUES

Les modèles en plâtre peuvent y être séchés en 3 minutes et demie (Redifon).

2° Traitements thermiques

L'utilisation du phénomène d'effet pelliculaire est à la base de nombreux traitements thermiques des métaux. On peut en particulier régler la fréquence de manière à limiter le développement de chaleur à une épaisseur parfaitement déterminée du métal traité, le reste de la pièce conservant une température limitée et ne subissant par suite aucune modification de structure. Si la pièce ainsi chauffée subit une trempe appropriée, sa surface seule a reçu la transformation métallographique voulue et la pièce entière conserve ses qualités d'élasticité. On peut ainsi établir certaines pièces en acier au carbone peu coûteux, alors qu'il fallait les construire à l'aide d'aciers spéciaux pour pouvoir, sans les rendre cassants, les tremper en les chauffant par les procédés habituels. Les engrenages, les pièces d'horlogerie sont ainsi traités couramment en Angleterre comme en Suisse. Les solénoïdes affectent des formes particulières pour épouser au plus près la pièce à chauffer. La chauffe de pièces pour le forgeage peut aussi être envisagée.

3° Soudures

La possibilité de porter à très haute température une portion très limitée de métal rend le chauffage électronique utilisable pour souder ou braser des pièces. On utilise notamment ce procédé pour réaliser des soudures réputées difficiles, comme celles du métal sur le verre.

4° Travaux de laboratoire

Le chauffage électronique peut facilement être employé en atmosphère quelconque ou sous vide. Il est couramment utilisé pour traiter certains métaux rares, tels le tungstène ou le thorium destinés à la construction des tubes à vide. Il permet la sublimation de certains métaux.

B. Applications du chauffage par pertes diélectriques

Si le chauffage par induction a déjà des applications nombreuses et variées et s'il est possible d'en prévoir quelques nouvelles, le chauffage capacitif laisse entrevoir une variété extraordinaire d'applications.

1° Traitement des bois

Une planche épaisse placée entre deux armatures de condensateur parcouru par un courant à haute fréquence s'échauffe également sur toute son épaisseur à la fois. Son séchage peut être assuré en un temps infiniment plus court que par n'importe quel procédé, même celui des rayons infrarouges. La pièce ne subit aucune déformation.

S'il s'agit de réaliser des placages sur bois ou de confectionner des contreplaqués d'épaisseur constante, ce sont les couches de colle qui s'échauffent plus vite que le bois et séchent en quelques secondes. Des meubles entiers peuvent être assemblés et collés très rapidement dans des presses soumises à des courants à haute fréquence.

2° Textiles et papiers

Si les textiles et les papiers minces peuvent être aisément séchés sur des rouleaux à vapeur, il n'en est pas de même des feutres et cartons. Le chauffage électronique assure en quelques secondes le séchage de couches épaisses.

3° Caoutchouc et plastiques

Le traitement des latex et celui des matières plastiques offrent un large champ d'action au chauffage capacitif. L'emploi de ces matières s'étend constamment et cette extension peut être considérablement aidée par les procédés électroniques ; ils développent, en effet, la chaleur dans toute la masse et c'est là un avantage considérable pour des corps mauvais conducteurs ; en effet, dans tout chauffage par l'extérieur, la surface se durcit en premier et empêche les calories de pénétrer dans le corps.

4° Matières alimentaires

Le séchage des matières alimentaires est particulièrement aisé, qu'il s'agisse d'obtenir des légumes déshydratés selon les formules modernes

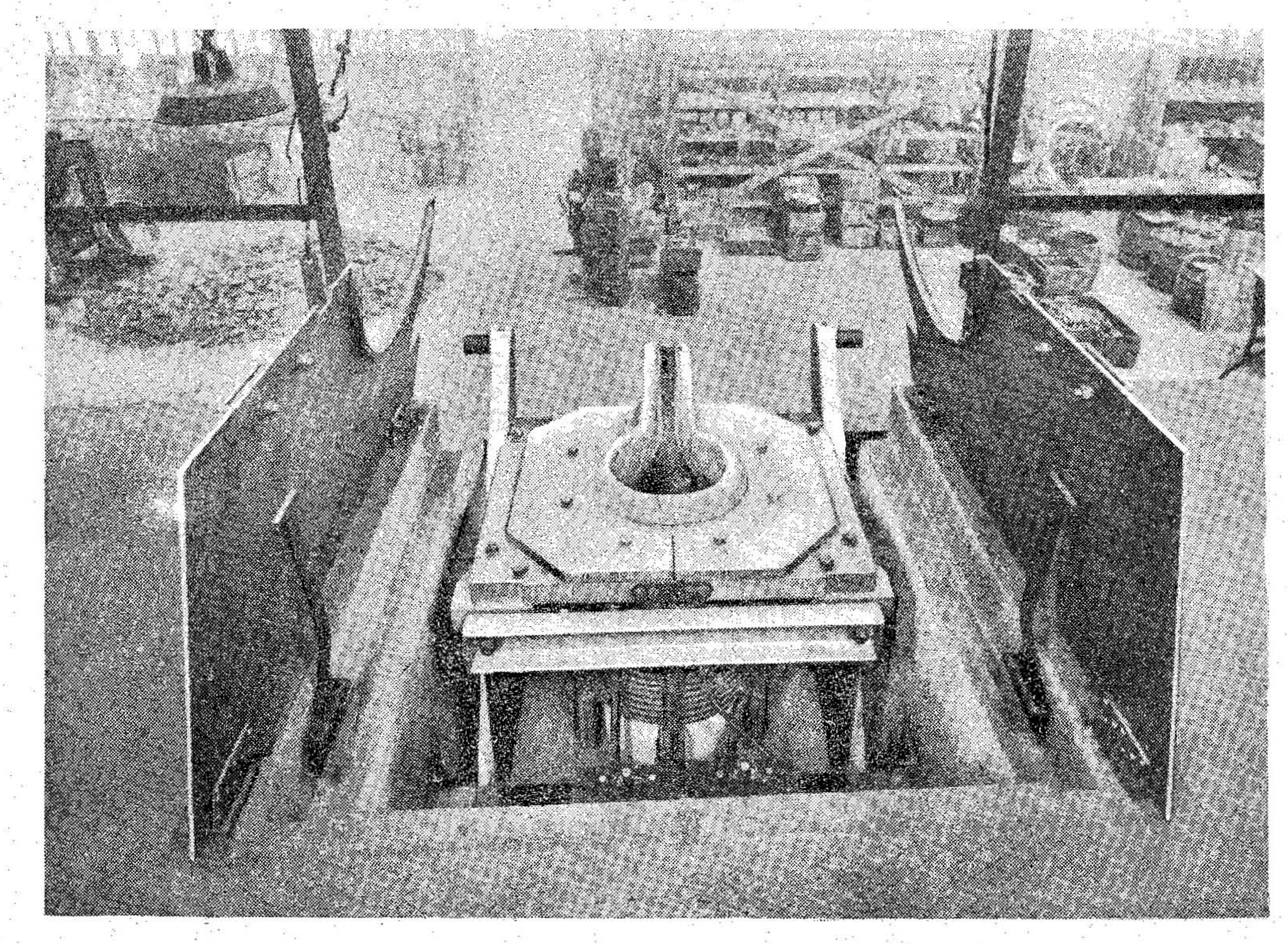


FIG. 3. — UN CREUSET DE FUSION A LA BASE DUQUEL ON APERÇOIT LA SELF DE CHAUFFAGE (SOLÉNOIDE DE CUIVRE A CIRCULATION D'EAU)

ou des viandes boucanées, à la mode des flibustiers d'antan. Un chauffage rapide à très haute température suffit à détruire les germes de putréfaction sans détruire les vitamines ; il assure ainsi une bonne conservation des aliments.

On peut envisager d'appliquer les procédés électroniques au séchage des grains et farines, fussent-ils ensachés ou empaquetés. Il paraît que les minotiers d'Amérique exterminent ainsi les charançons et que les épiciers torréfient le café à la seconde, à la demande de leurs clientes.

5° Industries diverses

Les expériences tentées en France sont trop peu nombreuses pour que nous puissions espérer épuiser ici le sujet. Il semble toutefois que le chauffage électronique soit de nature à intéresser non seulement les quatre groupes d'industries énumérés ci-dessus, mais encore les verriers, les porcelainiers, les chimistes, les pharmaciens, les docteurs et les dentistes. On peut même imaginer dans la vie courante une foule d'applications de ce mode de chauffage ; il est toutefois prudent de réserver la question jusqu'au moment où un générateur de courant à haute fréquence sera devenu un objet aussi commun qu'un récepteur de radiotéléphonie.

Ainsi des phénomènes connus depuis longtemps et considérés depuis longtemps comme nuisibles sont aujourd'hui exploités et peuvent déjà rendre de grands services. L'énergie qui se manifeste sous la forme particulière des courants d'induction ou des pertes diélectriques permet de résoudre élégamment des problèmes traités grossièrement jusqu'ici et permet aussi d'aborder mille problèmes nouveaux. Les applications du chauffage électronique seront innombrables demain, et c'est là un bel exemple des techniques utilitaires que peut engendrer la science quand le laboratoire consent à s'entrouvrir sur l'atelier.

J. PIERGO.

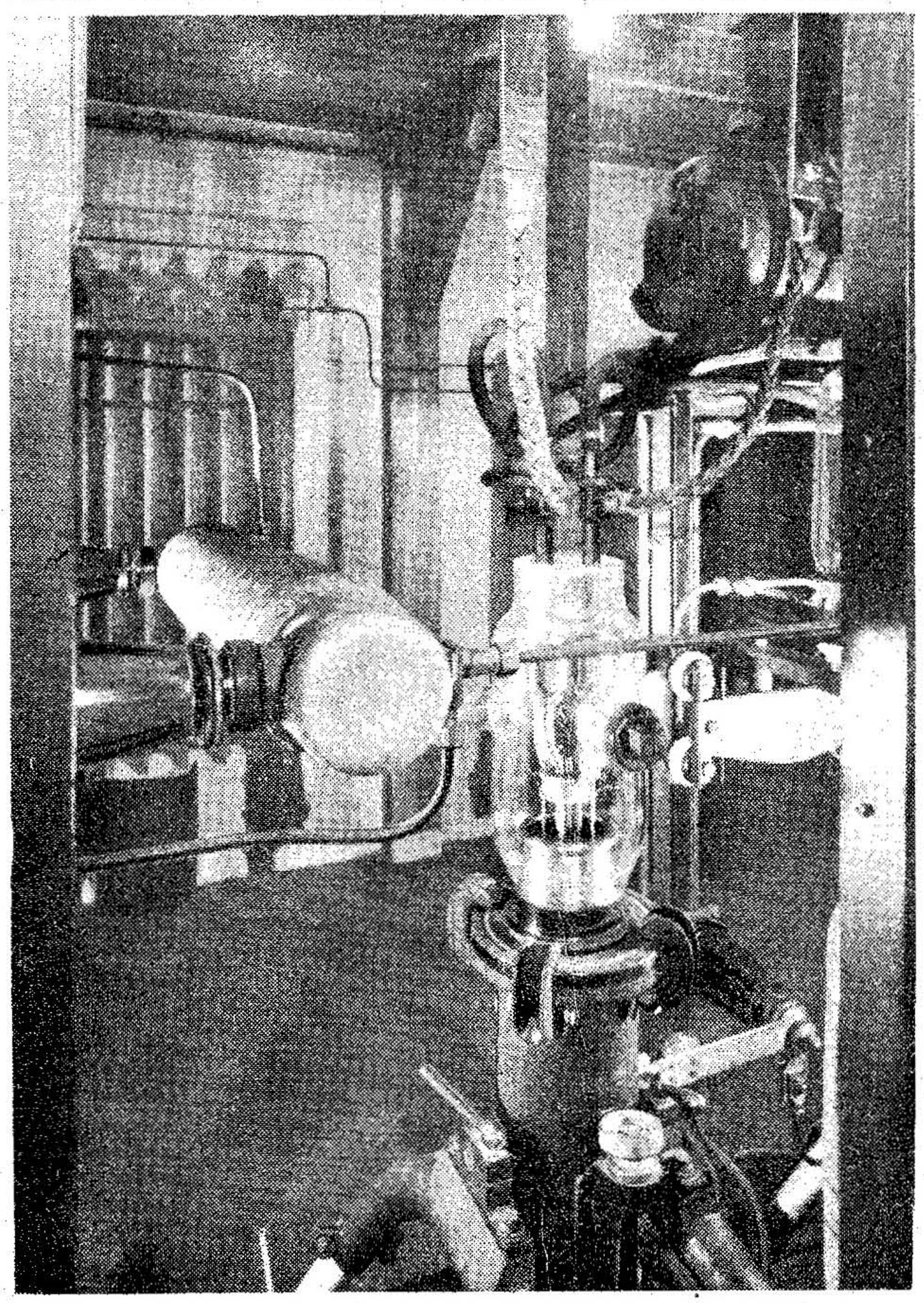


FIG. 4. — LE TUBE ÉLECTRONIQUE D'UN FOUR DE FUSION

N. D. L. R. : Les photographies qui illustrent cet article nous ont été communiquées par la Société Industrielle des Procédés Loth (Paris) et la Cie Redifon à Londres.

Le problème de l'utilisation des plumes de poulet vient d'être résolu de manière inattendue par les chimistes du département de l'Agriculture des États-Unis, qui ont réussi à fabriquer avec elles une nouvelle fibre textile protéique. On l'obtient en dissolvant la matière première dans un réactif secret, puis en faisant passer la solution sous pression par des filières.

Les expériences de filature et de tissage poursuivies à Albany (Californie, ont montré que le fil obtenu est remarquablement élastique, qu'il se tient exceptionnellement bien et se tisse sans difficulté. Ses propriétés sont plus proches de celles de la soie que de celles de la rayonne.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Stations météorologiques automatiques

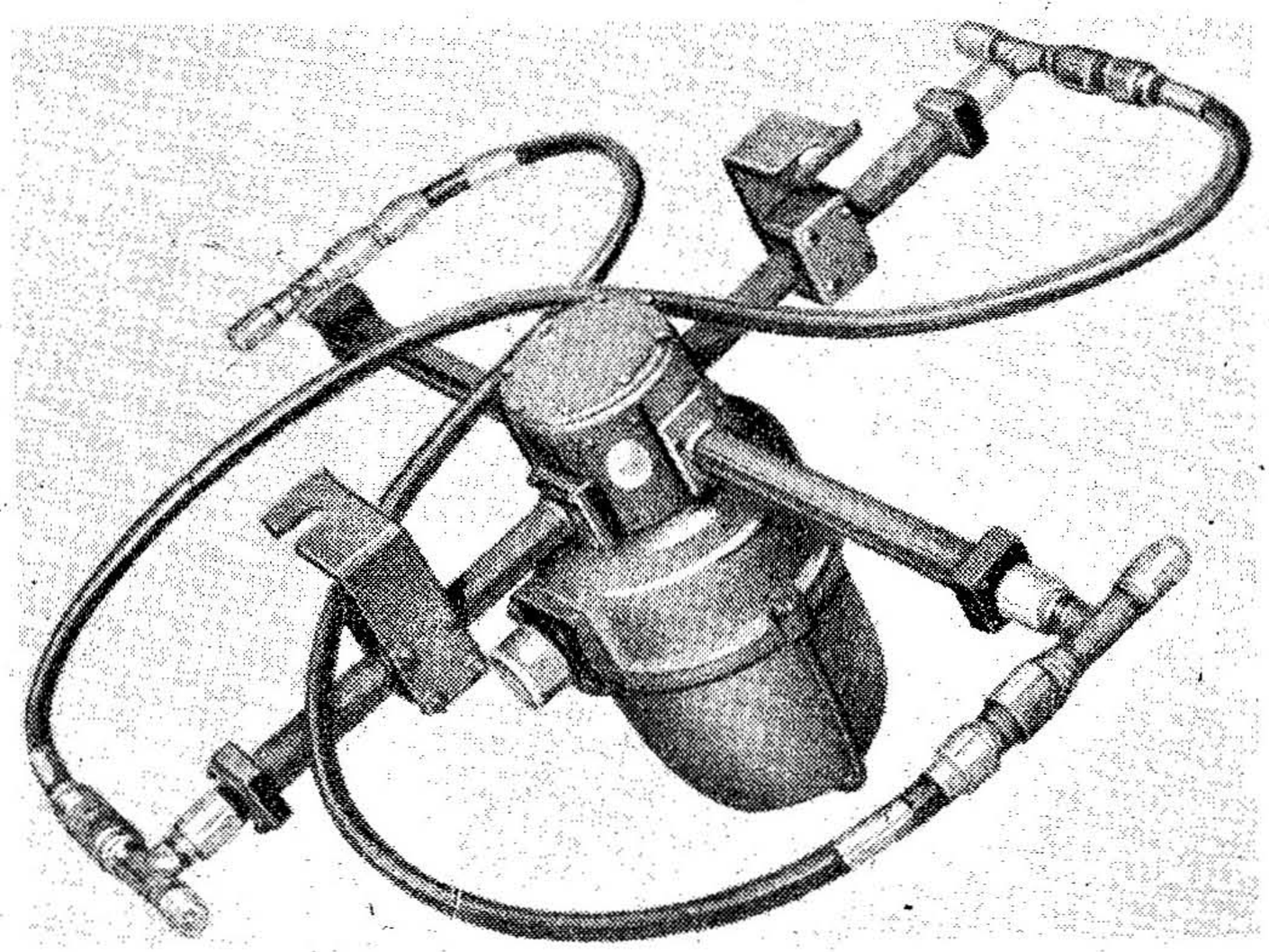
La météorologie a joué un rôle capital au cours de la dernière guerre. Les sondages de la haute atmosphère, en particulier, ont fourni des renseignements précieux pour les expéditions de bombardiers substratosphériques. La figure ci-dessous montre un dispositif mis au point dans ce but par l'armée américaine. C'est un émetteur automatique qui, emporté par un ballon-sonde, faisait connaître d'une manière continue, aux stations terrestres, l'état hygrométrique, la température et la pression des différentes couches d'air traversées jusqu'à une altitude de 15 000 m et plus.

D'autre part, l'importance considérable des conditions météorologiques pour le succès des opérations militaires des Alliés, en général, a imposé la mise en place d'un réseau de stations météorologiques s'étendant non seulement sur les zones des opérations, mais sur les régions d'où proviennent les courants atmosphériques qui déterminent les conditions régnant sur ces zones. Il est, en effet possible, par exemple, de prédire le temps qu'il fera en Europe nord-occidentale lorsqu'on est en possession de données précises sur les conditions qui règnent dans les régions arctiques (notamment au Groenland).

Pour se procurer de telles données, l'armée américaine a utilisé des stations météorologiques entièrement automatiques, transmettant par radio les données mesurées par leurs instruments sans qu'il soit besoin d'aucun personnel pour les manœuvrer. Les mesures relatives à la température, à l'humidité atmosphérique et à la pression barométrique, sont continuellement enregistrées et radiodiffusées à des intervalles réguliers dont la longueur a été réglée par avance.

Ces stations sont parachutées soit dans des régions polaires ou tropicales difficilement accessibles, soit en des points difficilement repérables par l'ennemi, à l'arrière de ses lignes. Elles peuvent fonctionner pendant plusieurs mois sans réglage ni contrôle. Certaines sont construites pour fonctionner sous les froids rigoureux des régions arctiques, d'autres pour résister aux climats tropicaux humides et chauds et à l'action destructive des termites.

Pour le temps de paix, on envisage notamment l'établissement d'une chaîne de stations météorologiques automatiques en bordure du continent antarctique, stations que l'on n'aurait à contrôler que deux ou trois fois par an. En effet, les données enregistrées jusqu'ici dans ces régions par les chasseurs de baleines qui y croisent ont permis de constater que le temps qu'il fera dans les régions productrices de blé de l'Argentine peut être prédit dans une large mesure d'après les conditions atmosphériques régnant dans la mer de Weddel, qui en est distante de 2 500 km.



L'ÉMETTEUR AUTOMATIQUE POUR BALLONS-SONDES

Le blanchissement de la Mer Morte

Les riverains de la mer Morte, le grand lac salé de Palestine, ont assisté, il y a deux ans, à un phénomène extraordinaire, qui fut officiellement enregistré par les savants de l'Université de Jérusalem : le 25 août 1943, la mer Morte devint subitement toute blanche pour une durée de quelques heures. Le célèbre médecin grec Galien, qui vivait au IIe siècle de notre ère, relate qu'en traversant la Judée il assista à un semblable blanchissement de la mer Morte. Étant donné le sens critique bien connu de Galien, il était peu probable qu'il eût été victime d'une illusion : pourtant on ne pouvait jusqu'ici avoir foi en son récit, puisque un tel phénomène ne fut jamais relaté depuis. Aujourd'hui, il est avéré que Galien eut effectivement la chance exceptionnelle d'assister à ce rarissime phénomène, que l'on attribue à une précipitation soudaine et massive de carbonate de calcium sous l'influence d'une cause encore inconnue.

LES MEILLEURES ÉTUDES PAR CORRESPONDANCE

se font à l'ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS, où les meilleurs maîtres, appliquant les meilleures méthodes d'enseignement par correspondance, forment les meilleurs élèves.

ÉTUDES PRIMAIRES OU SECONDAIRES. — Des centaines de brillants succès au *B. E.*, au *B. E. P. S.*, au *Baccalauréat*, établissent la haute efficacité des méthodes de l'*École des Sciences et Arts*. — Brochure gratuite n° R 24940.

NOS COURS D'ORTHOGRAPHE ET DE RÉDACTION vous assureront une connaissance solide de votre langue maternelle, un style correct, clair, élégant. — Notice gratuite n° R 24941.

LES COURS DE FORMATION SCIENTIFIQUE vous permettront de compléter vos connaissances en Mathématiques, Physique, Chimie, etc. — Notice gratuite n° R 24942.

DESSIN INDUSTRIEL. — Préparez-vous à un Certificat d'aptitude professionnelle, ou directement à l'exercice de la profession de Dessinateur dans l'Industrie et le Bâtiment. — Notice gratuite n° R 24943.

CARRIÈRES COMMERCIALES. — Nos *Cours de Commerce* et de *Comptabilité* constituent la meilleure des préparations à ces carrières comme aux Certificats d'aptitude professionnelle commerciaux. — Notice gratuite n° R 24944.

LA CÉLÈBRE MÉTHODE DE CULTURE MENTALE « DUNAMIS » permet à chacun de développer toutes ses facultés, d'acquérir la confiance en soi et de « forcer le succès ». — Notice gratuite n° R 24945.

LE COURS DE DESSIN ARTISTIQUE, en vous apprenant d'abord à voir, puis à interpréter votre vision personnelle, vous donnera la formation complète de l'artiste et l'accès aux plus brillantes carrières. — Notice gratuite n° R 24946.

PHONOPOLYGLOTTE vous apprendra, par le phonographe, à parler, à comprendre, lire, écrire l'Anglais, l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien. — Notice gratuite n° R 24947.

LE COURS D'ÉLOQUENCE vous mettra en mesure d'improviser une allocution émouvante, de composer un discours persuasif. — Notice gratuite n° R 24948.

LE COURS DE PUBLICITÉ vous permettra soit de vous assurer dans cette branche un brillant avenir, soit de donner à vos affaires le maximum de développement. — Notice gratuite n° R 24949.

LE COURS DE FORMATION MUSICALE fera de vous un musicien complet, capable de déchiffrer n'importe quelle œuvre, non seulement maître de la technique musicale, mais averti de toutes les questions d'histoire et d'esthétique. — Notice gratuite n° R 24950.

LE COURS D'INITIATION AUX GRANDS PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES est le guide sûr de tous ceux qui veulent savoir comment se posent et comment peuvent être résolus les grands problèmes de la liberté humaine, de l'immortalité de l'âme, etc. — Notice gratuite n° R 24951.

FONCTIONS PUBLIQUES. — Nous vous recommandons les situations de l'*Administration des P. T. T.* : *Commis masculin* ou *Commis féminin*, *Contrôleur stagiaire*. — Notice gratuite n° R 24952.

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

16, rue du Général-Malleterre, PARIS (16e).

L'ÉCOLE SPÉCIALE DES TECHNIQUES MODERNES

ENSEIGNE LA RADIO PAR CORRESPONDANCE

(Études à la portée des Élèves ayant une instruction de niveau du C. E. P.)

Prépare aux Carrières Civiles :

Radio-Technicien,
Monteur-dépanneur,
Opérateur des P. T. T.

S'est spécialisée dans la formation prémilitaire des Transmissions Radio (carrière militaire ouverte aux garçons et filles.)

Programme approuvé par le Ministère de l'Air.

Engagements ou incorporation assurés dans les Transmissions de l'Air.

Demandez tous renseignements à
l'ÉCOLE SPÉCIALE DES TECHNIQUES MODERNES, 14, rue Volta, Toulouse.

L'ÉCOLE CHEZ SOI... POUR SOI...

EN SUIVANT LES NOUVEAUX COURS PAR CORRESPONDANCE DE L'

ÉCOLE DES SCIENCES INDUSTRIELLES
2, Rue des Tanneries
PARIS. XIIIe

DESSIN TECHNIQUE - RADIO
ÉLECTRICITÉ - ADMINISTRATION, etc.

ASSUREZ VOTRE AVENIR, EN PRÉPARANT, SANS QUITTER VOTRE EMPLOI, PAR NOS ÉTUDES TECHNIQUES VOTRE SITUATION DANS: L'INDUSTRIE - L'AVIATION L'ARMÉE - LA MARINE, etc.

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS, ÉCRIRE EN SPÉCIFIANT LA SPÉCIALITÉ CHOISIE

Devenez REPORTER ou CORRESPONDANT de Presse

SPORTIF - THÉATRAL - CINÉMA
INFORMATION - CRIMINEL - VOYAGES

En suivant notre cours de
JOURNALISME

Si vous aimez le **DESSIN,** le **CROQUIS**
Suivez notre cours de
CARICATURISTE

TOUS CES COURS PAR CORRESPONDANCE PEUVENT ÊTRE SUIVIS SANS QUITTER VOS OCCUPATIONS HABITUELLES

SITUATIONS D'AVENIR INDÉPENDANTES ASSURÉES

Pour tous renseignements gratuits écrire à l'

ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE
8, boulevard Michelet, 8
TOULOUSE

LA RADIO

à la portée de tous !

JEUNES GENS

INQUIETS DE L'AVENIR

TRANQUILLISEZ - VOUS

DEVENEZ RADIO-TECHNICIENS !

USAGERS DE LA RADIO

votre récepteur est ancien ou fonctionne mal

MODERNISEZ-LE, DÉPANNEZ-LE

PENDANT VOS LOISIRS

SUIVEZ LES COURS DE

L'ÉCOLE PRATIQUE D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES

39, rue de Babylone, PARIS (VIIe)

Enseignement par correspondance

Renseignements gratuits sur demande

"DESSINEZ"

rapidement et exactement,

même sans savoir dessiner, grâce au :

DESSINEUR (chambre claire simplifiée)

Envoi gratuit du catalogue n° 12

D'un seul coup d'œil, **sans connaissance** du dessin, cet appareil permet **d'agrandir, réduire, copier** d'après **nature** et d'après **documents :** Photos, paysages, plans, dessins, portraits, objets quelconques, etc.

Agrandissement d'un dessin.

P. BERVILLE, 18, rue Lafayette, PARIS-IXe

FACTEURS DÉCISIFS du SUCCÈS

Vous connaissez des êtres toujours inertes. Timorés devant l'action, hésitant longuement avant chaque décision, ils manquent de ressort. A la maison, ils mettent la radio, puis s'en lassent, parcourent un journal et, finalement, s'endorment dans leur fauteuil. S'ils travaillent, ils s'attaquent au plus facile et remettent au lendemain la difficulté. Leur réponse à tout est : « A quoi bon ? » Ils s'accrochent par routine à une situation fastidieuse, pénible, mal rémunérée et sans avenir.

Êtes-vous passif ? Vous vous reconnaissez là ! Et, pourtant, vous sentez peut-être en vous l'intelligence, le sérieux, les capacités nécessaires pour atteindre une situation élevée. Quelque chose vous empêche de vous extérioriser, de vous affirmer, d'agir. Vous n'utilisez que le dixième de votre puissance mentale.

Que faire pour prendre la route du succès ? Il faut lutter contre cette déficience funeste avec une méthode scientifique. La **MÉTHODE PELMAN** combat, en quelques mois, passivité, inertie, indécision, timidité, dépression, pessimisme et vous conduit au succès en développant confiance, concentration, jugement, mémoire, optimisme, initiative, courage, volonté, présence d'esprit. L'Institut Pelman s'est spécialisé dans la psychologie appliquée et perfectionne, depuis 55 ans, son entraînement par correspondance.

Hommes, femmes, jeunes gens, demandez la documentation VI 6 à

L'INSTITUT PELMAN

176, bd Haussmann, PARIS

LONDRES AMSTERDAM NEW-YORK CALCUTTA
DUBLIN STOCKHOLM MELBOURNE DELHI

1940 *AVEC L'ESCADRILLE AUX 71 VICTOIRES*

Capitaine ACCART
CHASSEURS DU CIEL

OUVRAGES SUR L'AVIATION :

Capitaine ACCART
ON S'EST BATTU DANS LE CIEL
et
LE PILOTE SOLITAIRE
Roman

Henri MENJAUD
UN GROUPE DE CHASSE AU COMBAT

R. P. BOUGEROL
CEUX QU'ON N'A JAMAIS VUS
L'Aviation de Reconnaissance

Capitaine WILLIAME
L'ESCADRILLE DES CIGOGNES
En 1939-1940

SOUS PRESSE :
Plusieurs ouvrages d'auteurs anglais sur l'Aviation.

ARTHAUD

Electricité, Radio, dessin industriel, photocopie, photographie industrielle

IFET

offrent aux spécialistes de nombreuses situations parmi les mieux rémunérées ; et la reconstruction du pays, en créant de nouveaux et vastes besoins en cadres, accentuera encore ces avantages.

Devenez donc rapidement un technicien averti et expérimenté.

Pour que votre préparation à ces fonctions s'entoure des meilleurs éléments de succès, et se trouve guidée par des méthodes ayant fait leurs preuves, accordez votre confiance à un enseignement qui totalise depuis des années de brillants résultats, et documentez-vous gratuitement auprès de l'

INSTITUT FRANÇAIS D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

62, Boulevard Sébastopol, Paris (3e)

Cours du soir • Cours par correspondance

Préparation aux emplois civils, de l'Armée, de l'Aviation, de la Marine.

JEUNES GENS !

assurez votre avenir en devenant

RADIO-TECHNICIEN
DESSINATEUR D'ETUDES
COMPTABLE-AGRÉÉ

sans quitter votre emploi

COURS PAR CORRESPONDANCE

inscription à toute époque de l'année

RENSEIGNEMENTS GRATUITS

ÉCOLE TECHNIQUE DE RADIO-ÉLECTRICITÉ ET DE SCIENCES APPLIQUÉES

2, rue du Salé, TOULOUSE

Le Gérant : Lucien LESTANG. Imp. CRETÉ, Corbeil (S.-et-O.). - 3450-12-45 - C.O.L. 31-1631. - Dépôt légal, 1er trim. 1945

AVEC VOUS jusqu'au Succès final !

RADIO-CINÉMA-AVIATION

JEUNES GENS... JEUNES FILLES...
Ces carrières modernes répondent bien à vos aspirations... PRÉPAREZ-LES
PAR CORRESPONDANCE

Notre organisation spécialisée sera tout entière avec vous jusqu'au succès final.

Elle groupe sous la direction d'une élite de professeurs les ÉCOLES suivantes :

ÉCOLE GÉNÉRALE RADIOTECHNIQUE
(Monteurs-dépanneurs, dessinateurs, opérateurs, sous-ingénieurs et ingénieurs.)

ÉCOLE GÉNÉRALE CINÉMATOGRAPHIQUE
(Opérateurs photographes, de projection, de prise de vue, du son, script-girls, assistantes, ou de production.)

ÉCOLE GÉNÉRALE AÉRONAUTIQUE
(Pilotes, navigateurs, radios, mécaniciens, techniciens.)

EXERCICES PRATIQUES A DOMICILE
Documentation S.V. contre 10 fr.

CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES & ARTISTIQUES DE PARIS

69, RUE VALLIER - LEVALLOIS (SEINE)

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

152, avenue de Wagram-Paris (17e)

MATHÉMATIQUES Les Mathématiques sont accessibles à toutes les intelligences, à condition d'être prises au point voulu, d'être progressives et d'obliger les élèves à faire de nombreux exercices. Elles sont à la base de tous les métiers et de tous les concours.

Candidats, apprenez les Mathématiques par la méthode de l'École du Génie Civil.

Cours à tous les degrés, de même que pour la Physique, la Chimie, l'Astronomie.

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ De nombreuses situations sont en perspective dans la Mécanique générale, les Constructions aéronautiques et l'Électricité. Les cours de l'École s'adressent aux élèves des lycées, des écoles professionnelles, ainsi qu'aux apprentis et techniciens de l'Industrie.

Les cours se font à tous les degrés : Apprenti, Monteur, Technicien, Dessinateur, Sous-Ingénieur et Ingénieur.

AVIATION CIVILE Brevets de navigateurs aériens de Mécaniciens d'aéronefs et de Pilotes. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs adjoints, Météorologistes.

Envoi de programme contre 10 francs en timbres.

ÉCOLE DE T. S. F.

3, rue du Lycée - Nice

JEUNES GENS !

Les meilleures situations, les plus nombreuses, les plus rapides, les mieux payées, les plus attrayantes...

sont dans la RADIO

P. T. T., AVIATION, MARINE, NAVIGATION AÉRIENNE, COLONIES, DÉFENSE DU TERRITOIRE, POLICE, DÉPANNAGE, CONSTRUCTION INDUSTRIELLE, TÉLÉVISION, CINÉMA.

COURS SCIENTIFIQUES, TECHNIQUES, PRATIQUES, PAR CORRESPONDANCE

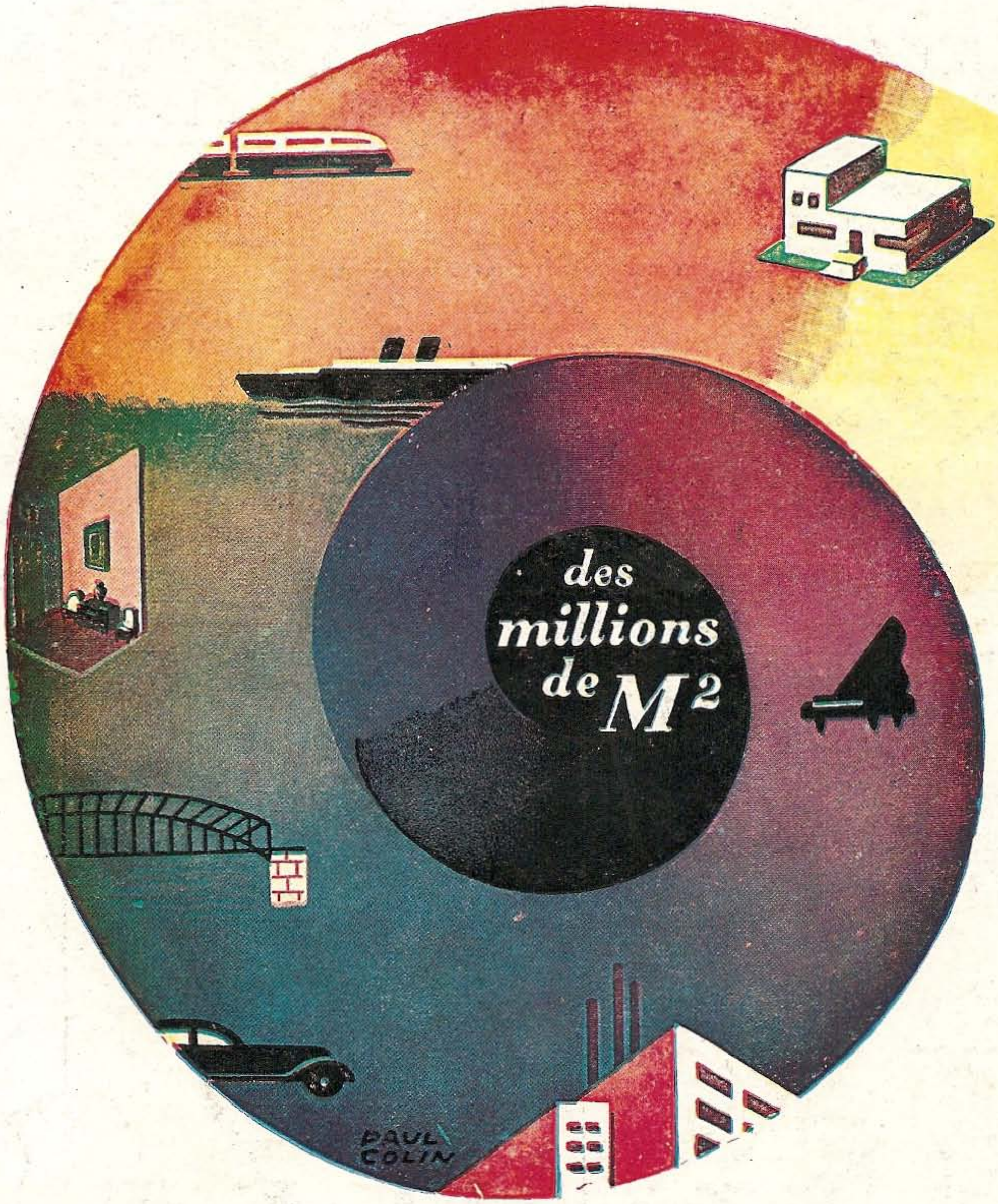
Les élèves reçoivent des devoirs qui leur sont corrigés et des cours spécialisés. Enseignement conçu d'après les méthodes les plus modernes, perfectionnées depuis 1903.

Tous nos cours comportent des exercices pratiques chez soi : lecture au son, manipulation, montage et construction de poste.

Envoi de programme contre 10 francs en timbres.

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



NITROLAC

98, ROUTE D'AUBERVILLIERS - St DENIS (SEINE) - PLAINE : 16.55

IMP. CRÉTÉ, CORBEIL (S.-ET-O.). — 3450-1-46. — C. O. L. 31-1631. — DÉPOT LÉGAL, 1er TRIM. 1946.